

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS ELECTRÓNICAS**

**TEMA:  
DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA ATVCABLE PARA LA  
PROVISIÓN DE INTERNET Y TELEVISIÓN EN LA CIUDAD DE PUJILÍ**

**AUTORAS:  
KATHERIN ANDREINA CONCHA ASADOBAY  
ANA VALERIA TITUAÑA CANCHIG**

**TUTOR:  
JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO**

**Quito, febrero del 2021**

### **Cesión de derechos de autor**

Nosotras Katherin Andreina Concha Asadobay, con documento de identificación N° 060395277-1 y Ana Valeria Tituaña Canchig, con documento de identificación N° 171600378-3, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA ATVCABLE PARA LA PROVISIÓN DE INTERNET Y TELEVISIÓN EN LA CIUDAD DE PUJILÍ, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERAS ELECTRÓNICAS, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Katherin Andreina Concha Asadobay  
CI: 060395277-1



---

Ana Valeria Tituaña Canchig  
CI: 171600378-3

Fecha: Quito, febrero del 2021

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA ATVCABLE PARA LA PROVISIÓN DE INTERNET Y TELEVISIÓN EN LA CIUDAD DE PUJILÍ realizado por Katherin Andreina Concha Asadobay y Ana Valeria Tituaña Canchig, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, febrero 2021



---

Ing. Jhonny Javier Barrera Jaramillo MsC.

CI: 1400378475

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mis amados padres Fabián y Fanny por ser el motor fundamental en mi vida, por sus consejos, enseñanzas y esfuerzos para poder culminar mi etapa profesional, a mis queridos y pequeños hermanos por su apoyo y cariño incondicional a lo largo de mi vida. A mis abuelitos por impulsarme a cumplir mis sueños y mostrarme los caminos a seguir. A mi tía Liliana por ser un pilar fundamental en mi vida y ejemplo a seguir y a toda mi familia, amigos y personas especiales que formaron parte de este camino y marcaron mi desarrollo personal y profesional.

***Katherin Andreina Concha Asadobay***

El presente proyecto dedico de manera especial a mi padre Marcelo Tituaña por mostrarme el camino hacia la superación y brindarme su apoyo, sus consejos para ser una mejor persona. A mis abuelitos Rafaela y Segundo porque me han ofrecido el amor y la calidez de la familia. A mi querida hija Victoria por ser esa motivación constante para alcanzar mis anhelos y a todas aquellas personas que de una u otra manera me han brindado su apoyo incondicional en el transcurso de esta carrera universitaria.

***Ana Valeria Tituaña Canchig***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar e iluminar mi camino, a mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por su cariño y compañía, a mis abuelitos por enseñarme que todo esfuerzo vale la pena y a mis amigos y familia por todos los momentos compartidos. A la Universidad Politécnica Salesiana y a los diferentes ingenieros que gracias a sus conocimientos impartidos he podido culminar con éxito esta etapa de mi vida. Al Ing. Edison Quisnancela que ha sido un eje fundamental para el desarrollo del presente proyecto, a todos y cada uno de ustedes gracias por su amistad, consejos, tiempo y comprensión.

***Katherin Andreina Concha Asadobay***

Agradezco a Dios por su amor y bondad infinita, por permitirme sonreír ante todos mis logros que son resultados de su ayuda. A mi madre Anita por estar pendiente en cada uno de mis pasos, a mi gran amiga Maritza Suárez por estar presente en las etapas de mi carrera. A mis hermanos por sus afectos y alegrías. A la Universidad Politécnica Salesiana que nos abrió sus puertas para ser excelentes profesionales y a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante. Al ingeniero Jhonny Barrera por su confianza, guía, conocimiento, y paciencia para la culminación de este proyecto y a mis amigos por su amistad y tiempo compartido en toda esta etapa de nuestras vidas.

***Ana Valeria Tituaña Canchig***

## **INDICES**

<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3    OBJETIVOS.....	3
1.3.1    Objetivo General .....	3
1.3.2    Objetivo Específicos .....	3
1.4    MARCO CONCEPTUAL.....	4
1.4.1    Fibra Óptica.....	4
1.4.2    Tecnologías FTTx .....	4
1.4.3    Redes GPON (Gigabit Passive Optical Network).....	5
1.4.4    Estándares GPON.....	6
1.4.5    Arquitectura GPON.....	6
<b>ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA RED ACTUAL .....</b>	<b>8</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA ATVCable Cia. Ltda. ....	8
2.1.1    Ubicación de la empresa .....	8
2.1.2    Misión de ATVCable.....	9
2.1.3    Visión de ATVCable.....	9
2.2 LINEA DE NEGOCIO .....	9
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ATVCable Cia. Ltda. ....	10
2.3.1    Infraestructura de la red HFC.....	10
2.3.2    Tipología de la red existente .....	11
2.3.3    Arquitectura.....	12

2.3.4 Topología lógica y física actual .....	14
2.3.5 Equipamiento pasivo y activo actual.....	16
2.3.6 Direccionamiento .....	18
2.3.7 Servicios de red .....	19
2.4 ANÁLISIS DEL SECTOR .....	20
2.4.1 Ubicación de la Ciudad de Pujilí.....	20
2.4.2 Estudio de Mercado.....	21
2.4.3 Cálculo de la Muestra.....	21
2.4.4 Análisis de Resultados .....	22
2.5 REQUERIMIENTOS PARA LA RED GPON .....	23
<b>DISEÑO DE LA RED .....</b>	<b>24</b>
3.1 METODOLOGÍA .....	24
3.2 DISEÑO FÍSICO DE LA RED .....	25
3.2.1 Descripción de la central de Pujilí .....	26
3.2.2 Análisis de Distritos .....	28
3.2.3 Diagrama Físico de Red .....	40
3.2.4 Diagrama Lógico de la Red.....	41
3.2.5 Planes de servicio de la empresa ATVCable .....	42
3.3 CÁLCULOS DE ENLACE.....	43
3.3.1 Presupuesto Óptico.....	43
3.3.2 Relación de División .....	46
3.3.3 Distancia Máxima .....	46
3.3.4 Cálculo de Atenuación .....	47
3.4 EQUIPAMIENTO SELECCIONADO .....	47
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	49
3.5.1 Valor Actual Neto (VAN).....	50
3.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	51

3.5.3 Recuperación del capital (PRC) .....	52
<b>SIMULACIÓN DE LA RED GPON .....</b>	<b>53</b>
4.1 Enlace Downstream .....	54
4.1.1 Transmisor Óptico.....	54
4.1.2 Receptor Óptico .....	57
4.2 Enlace Upstream .....	58
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>



## Índice de Figuras

Figura 1.1. Redes de acceso FTTx .....	5
Figura 1.2. Arquitectura lógica GPON .....	7
Figura 2.1. Ubicación geográfica referencial.....	8
Figura 2.2. Infraestructura de la red HFC de la empresa ATVCable.....	11
Figura 2.3. Arquitectura de la red GPON .....	12
Figura 2.4. Arquitectura de la distribución óptica.....	14
Figura 2.5. Cobertura de la empresa ATVCable para la ciudad de Latacunga .....	14
Figura 2.6. Equipos oficina principal de ATVCable .....	15
Figura 2.7. Mikrotik CCR-1072 (ATVCable) .....	16
Figura 2.8. OLT ZXA10 C320.....	17
Figura 2.9. EDFA GPON 1550 .....	17
Figura 2.10. ODF FPP 200.....	17
Figura 2.11. ONT Tenda F3 .....	18
Figura 2.12. Direccionamiento de la red ATVCable .....	19
Figura 2.13. Servidor DNS y DHCP .....	20
Figura 2.14. Ciudad de Pujilí .....	20
Figura 2.15. Cantidad de clientes por sector .....	21
Figura 2.16. Distribución del sector de Pujilí .....	22
Figura 2.17. Distribución del sector de Pujilí .....	22
Figura 3.1. Topología física de red .....	25
Figura 3.2. Enlace de conexión del ISP al nodo de Pujilí.....	26
Figura 3.3. Cuarto de equipos – Central Pujilí.....	27
Figura 3.4. Rutas de acceso para el primer nivel de splitteo.....	27
Figura 3.5. Cobertura Distrito 1 .....	29
Figura 3.6. Cobertura Distrito 2 .....	32
Figura 3.7. Cobertura Distrito 3 .....	35

Figura 3.8. Cobertura Distrito 4 .....	38
Figura 3.9. Esquema del Diagrama Físico de Red para los 4 Distritos.....	41
Figura 3.10. Esquema del Diagrama Lógico de Red para los 4 Distritos .....	42
Figura 4.1. Interfaz Gráfica del software Optsim .....	53
Figura 4.2. Bloque de enlace Downstream .....	54
Figura 4.3. Diagrama del transmisor construido .....	55
Figura 4.4. Espectro de las señales de datos y televisión .....	55
Figura 4.5. Espectro de las señales de datos y televisión .....	56
Figura 4.6. Espectro combinado de las dos señales .....	56
Figura 4.7. Diagrama del receptor construido.....	57
Figura 4.8. Espectro de las señales en el receptor.....	57
Figura 4.9. Espectro de las señales en el receptor.....	58
Figura 4.10. Bloque de enlace Upstream .....	59
Figura 4.11. Espectro de las señales de datos y televisión .....	59
Figura 4.12. Espectro combinado de las dos señales .....	60
Figura 4.13. Espectro de las señales en el receptor.....	61
Figura 4.14. Espectro de las señales en el receptor.....	61

## Índice de Tablas

Tabla 1.1. Estándares GPON .....	6
Tabla 2.1. Áreas de cobertura de la empresa ATVcable .....	10
Tabla 2.2. Direccionamiento de la empresa ATVcable .....	18
Tabla 3.1. Distribución de Splitters de primer nivel por distrito. ....	28
Tabla 3.2. Ubicación del distrito 1 .....	30
Tabla 3.3. Materiales de construcción necesarios .....	30
Tabla 3.4. Elementos de Herrajería necesarios .....	30
Tabla 3.5. Distribución de NAP's y mangas de empalme. ....	31
Tabla 3.6. Ubicación del distrito 2 .....	32
Tabla 3.7. Materiales de construcción necesarios .....	33
Tabla 3.8. Elementos de Herrajería necesarios .....	33
Tabla 3.9. Distribución de NAP's y mangas de empalme .....	34
Tabla 3.10. Ubicación del distrito 3 .....	35
Tabla 3.11. Materiales de construcción necesarios .....	36
Tabla 3.12. Elementos de Herrajería necesarios .....	36
Tabla 3.13. Distribución de NAP's y mangas troncales .....	37
Tabla 3.14. Ubicación georreferenciada del distrito 4 .....	38
Tabla 3.15. Materiales de construcción.....	39
Tabla 3.16. Elementos de Herrajería necesarios .....	39
Tabla 3.17. Distribución de NAP's y mangas de empalme .....	40
Tabla 3.18. Planes ofertantes de la empresa .....	42
Tabla 3.19. Presupuesto óptico – Distrito 1 .....	43
Tabla 3.20. Presupuesto óptico – Distrito 2 .....	44
Tabla 3.21. Presupuesto óptico – Distrito 3 .....	44
Tabla 3.22. Presupuesto óptico – Distrito 4 .....	45
Tabla 3.23. Cálculos de atenuación.....	47

Tabla 3.24. Características principales de los equipos seleccionados .....	48
Tabla 3.25. Costo Activos Fijos .....	49
Tabla 3.26. Costo Materiales .....	49
Tabla 3.27. Costo Total del Proyecto.....	50

## **RESUMEN**

El acelerado desarrollo de la tecnología en el campo de las telecomunicaciones, obliga a las empresas proveedoras (ISP) a evolucionar permanentemente sus servicios de conexión, a través del despliegue de redes escalables, confiables y adaptables a los cambios tecnológicos emergentes para brindar mayor velocidad, calidad y seguridad en la transmisión de información de datos hacia los usuarios.

El objetivo principal del presente proyecto es diseñar la red de fibra óptica de la empresa ATVCable para la provisión de internet y televisión a la ciudad de Pujilí basada en el estándar GPON de la normativa ITU-T G984.x garantizando velocidades simétricas de 622 Mbit/s y 1.25 Gbit/s y asimétricas de 2.5 Gbit/s downstream y 1.25 Gbit/s upstream, a una distancia de hasta 20km para un máximo de 64 usuarios.

El diseño final cubre 4 distritos, cada uno de los cuales abarca sus respectivos elementos de construcción, cálculos de enlace y presupuesto óptico para garantizar los servicios prestados por la empresa. Para estimar el desempeño de la red se ejecutó la simulación en el software Optsim en el cual se observó el comportamiento de las señales de datos y televisión con sus respectivos valores de potencia que llegan al usuario final. Por último, se realizó un análisis económico para determinar la factibilidad del proyecto evaluando los costos de inversión y el retorno del capital si la empresa ATVCable decide realizar su implementación.

## **ABSTRACT**

The accelerated development of technology in the field of telecommunications forces provider companies (ISP) to permanently evolve their connection services, through the deployment of scalable, reliable and adaptable networks to emerging technological changes to provide greater speed, quality and security in the transmission of data information to users.

The main objective of this project is to design the fiber optic network of the ATVCable company for the provision of internet and television to the city of Pujilí based on the GPON standard of the ITU-T G984.x regulation, guaranteeing symmetric speeds of 622 Mbit / s and 1.25 Gbit / s and asymmetric 2.5 Gbit / s downstream and 1.25 Gbit / s upstream, at a distance of up to 20km for a maximum of 64 users.

The final design covers 4 districts, each of which covers its respective construction elements, link calculations and optical budget to guarantee the services provided by the company. To estimate the performance of the network, the simulation was run in the Optsim software, in which the behavior of the data and television signals was observed with their respective power values that reach the end user. Finally, an economic analysis was carried out to determine the feasibility of the project, evaluating the investment costs and return on capital if the ATVCable company decides to implement it.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de titulación se encuentra dividido en 4 capítulos que plantea el estudio, análisis y diseño de la red de acceso GPON para la empresa privada ATVCable cuya misión es proveer servicios de internet y televisión a la ciudad de Pujilí. A continuación, se detalla de manera general el contenido de cada uno.

En el capítulo 1 se describe la problemática existente en la empresa ATVCable y los parámetros que se valoraron para justificar el problema, objetivos planteados y términos generales que nos ayudan a entender el tipo de tecnología que se va a utilizar en el diseño de red.

El capítulo 2 comprende el análisis situacional de red de la empresa ATVCable, iniciando con un estudio previo de su infraestructura existente, equipos activos, cobertura del servicio y puntos de conexión entre centrales, de igual manera se describe la arquitectura lógica y física de la empresa, direccionamiento y servicios de red. Finalmente se detalla un análisis del sector propuesto evaluando la demanda existente de usuarios y zonas para determinar el alcance del proyecto.

El capítulo 3 explica el diseño de la red óptica GPON desarrollada en base a la metodología TOP- DOWN definiendo la construcción de la red pasiva que conforma 4 distritos, así como la red activa que hace referencia al equipamiento, cálculos de enlace, presupuesto óptico y topología física y lógica para justificar la viabilidad de implementación, finalmente se realiza un estudio económico para verificar la rentabilidad e inversión del proyecto.

La última sección del documento hace referencia a la simulación de la red con la ayuda del software Optsim, además se incluyen una serie de pruebas de potencia para comprobar el funcionamiento óptimo de la red, diagramas que representan la señal de datos y catv generadas desde la OLT hacia la ONT.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa ATVcable tuvo sus inicios en el año 2013 en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi para brindar exclusivamente servicios de televisión por cable a través de una infraestructura de cable coaxial. Con el pasar de los años esta empresa ha ido ampliando sus servicios y áreas de cobertura a otros cantones y ciudades aledañas en la misma provincia.

Una de las ciudades donde ATVcable presta sus servicios de telecomunicaciones es Pujilí, donde se ha observado que sus clientes han incrementado sus requerimientos en cuanto a velocidad y confiabilidad de las aplicaciones. Esta situación ha provocado que su infraestructura no sea suficiente para brindar un óptimo servicio debido a las interferencias en los medios de cobre y al tráfico en la red que se genera debido a la cantidad de datos que transmiten en periodos cortos de tiempo. Por este motivo, la migración de su red basada en cobre a una red de fibra óptica, permitirá que ATVcable mejore la provisión de sus servicios de televisión y datos, logrando mayores prestaciones de conexión en cuanto a las velocidades de transmisión, al control de interferencias y las atenuaciones a largas distancias de cobertura.

Adicionalmente, al actualizar la tecnología existente en la infraestructura de la red, se prevé mejorar la competitividad de la empresa frente a otros proveedores debido a que una red de fibra ofrece mejores prestaciones para optimizar los servicios de telecomunicaciones necesarios para coadyuvar al desarrollo de sus actividades comerciales y productivas de los clientes de la zona en cuestión.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto técnico nace de la necesidad que presenta ATVcable de migrar su red de cobre por una red de fibra óptica convergente para la transmisión de señal de



Tv y datos. El proyecto radica en el diseño de una red GPON basada en normas y estándares internacionales para brindar un servicio óptimo de video y datos con un costo asequible, excelente calidad y el uso óptimo del ancho de banda acorde a las necesidades de sus clientes tanto para los enlaces de downstream como para upstream.

El diseño de la red cubrirá el estudio de los segmentos primario, secundario y de abonado a partir de una investigación de campo en las zonas de cobertura para definir los parámetros técnicos, al igual que las ventajas y desventajas que tendrá la implementación de esta tecnología en la ciudad de Pujilí. El proyecto se llevará a cabo en una ciudad que presenta actualmente una demanda creciente de enlaces de tipo residencial, corporativo, educativo y comercial, con capacidades para soportar los servicios de video y datos usando un medio más eficiente como la fibra óptica, que por sus características permite obtener una mejor calidad y confiabilidad en las transmisiones y comunicaciones.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar la red con tecnología GPON de la empresa ATVCable para la provisión de los servicios de video y datos en la ciudad de Pujilí.

#### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Analizar la red actual de ATVCable para establecer la línea base del proyecto, observando los requerimientos y necesidades de los usuarios y zonas a dar cobertura para su migración a la tecnología GPON.
- Diseñar la red GPON en base a los criterios y parámetros de demanda, usuarios, ubicación geográfica e infraestructura para ofrecer servicios de datos y televisión por cable.
- Simular la capa física del distrito central de la red GPON de la ciudad de Pujilí estableciendo un conjunto de pruebas de potencia que permitan demostrar la funcionalidad de la propuesta.
- Analizar los costos de la red propuesta para establecer la viabilidad y factibilidad económica de su implementación.

## **1.4 MARCO CONCEPTUAL**

### **1.4.1 Fibra Óptica**

La fibra óptica es un medio físico encargado de transmitir información en forma de pulsos de luz a grandes velocidades, señales ópticas que viajan a través de un filamento muy delgado compuesto en su totalidad por vidrio o silicio.(Prieto, 2014)

#### ***1.4.1.1 Fibra Monomodo***

El rayo de luz viaja por la fibra en un solo modo a largas distancias en un rango de longitud de onda entre 1300 a 1500 nm, además posee un gran ancho de banda y baja atenuación.(Prieto, 2014)

#### ***1.4.1.2 Fibra Multimodo***

Varios rayos de luz viajan en diferentes longitudes de onda desde los 850 a 1300nm son ideales para redes locales debido a su ancho de banda limitado y atenuación alta. (Prieto, 2014)

### **1.4.2 Tecnologías FTTx**

#### ***1.4.2.1 FTTN (Fiber to the Node)***

FTTN o fibra hasta el nodo, es la red de acceso que conecta enlaces de fibra óptica desde el gabinete hasta la central del operador de telecomunicaciones encargado de brindar los servicios de conectividad.(Villacrés Valverde & Muriel Bonilla, 2016)

#### ***1.4.2.2 FTTC (Fiber to the Curb)***

Fibra hasta el gabinete, es la red de acceso diseñada para para negocios y hogares que va desde la central hacia el armario de distribución empleando una mezcla de fibra y cobre en su enlace.(Villacrés Valverde & Muriel Bonilla, 2016)

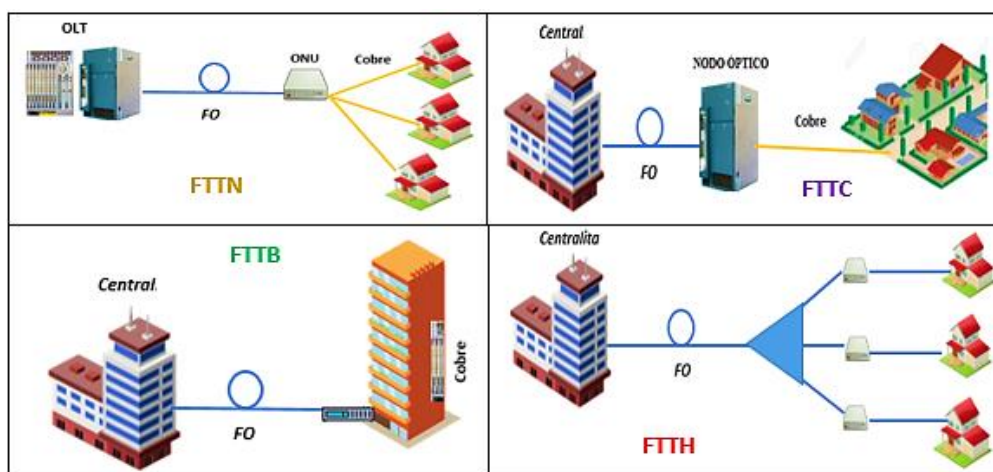
### 1.4.2.3 FTTB (Fiber to the Building)

Denominada fibra al edificio, la punta del cable FO finaliza en el interior del edificio “nodo de distribución” a partir del cual se ramifica la red metaliza interconectando a todos los abonados finales.(Villacrés Valverde & Muriel Bonilla, 2016)

### 1.4.2.4 FTTH (Fiber to the home)

Es una red de acceso denominada “última milla” que establece una conexión entre el nodo de distribución y abonado llevando la fibra hasta el hogar para brindar servicios de telefonía, televisión e Internet de banda ancha.(Villacrés Valverde & Muriel Bonilla, 2016)

Figura 1.1. Redes de acceso FTTx



Clasificación de los diferentes tipos de tecnologías FTTx. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 1.4.3 Redes GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Estándar aprobado por la ITU-T en los años 2003 – 2004, es una red de acceso mediante fibra óptica que mantiene una configuración punto a multipunto hasta llegar al hogar, ofreciendo mayores velocidades de transmisión 1,25 upstream y 2,50 downstream, gran ancho de banda y seguridad mejorada.(Villacrés Valverde & Muriel Bonilla, 2016)

#### **1.4.3.1 Multiplexación WDM (Wavelength División Multiplexing)**

Es el arte de enviar dos o más canales de información sobre un mismo medio de fibra óptica a diferentes longitudes de onda. (Agila, 2019)

#### **1.4.4 Estándares GPON**

**Norma ITU-T G984:** encargada de la certificación, optimización de recursos y diseños de las topologías GPON. En la tabla 1.1. Se puede apreciar los parámetros para certificar una red FTTH GPON.

Tabla 1.1. Estándares GPON

<b>Estándar</b>	<b>Descripción</b>
<b>ITU-T G.984.1</b>	Describe los parámetros de protección de la red, así como su funcionamiento y constitución para llegar a un equipo.
<b>ITU-T G.984.2</b>	Especificaciones de los parámetros ODN, del puerto óptico bidireccional y estructura de localización en la capa física.
<b>ITU-T G.984.3</b>	Especificaciones de la capa TC, arquitectura de multiplexación GTC y pila de protocolos, trama GTC, registro y activación de ONU, especificación de DBA, alarmas y rendimiento.
<b>ITU-T G.984.4</b>	Formatos de mensajes, dispositivo de gestión y principios de trabajo OMCI.
<b>ITU-T G.984.5</b>	Sugiere un rango de bandas y longitudes de onda aplicadas a señales para nuevos servicios, utilizando la multiplexación de información (WDM).

Parámetros que evalúa cada estándar para la certificación de una red GPON. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

#### **1.4.5 Arquitectura GPON**

##### **1.4.5.1 OLT (Optical Line Terminal)**

Actúa como interruptor, su función principal es verificar desde la oficina central la información transmitida en ambos sentidos ascendente y descendente hacia la ONT a través de la ODN. (Juan, 2018).

#### **1.4.5.2 ODN (Optical Distribution Network)**

Encargada de establecer la comunicación entre la OLT y la ONT, constituido por una red feeder, red de distribución y red de dispersión, que en el transcurso del camino abarca ODF'S, mangas de empalme, armarios FDH, splitters ópticos, NAP's o cajas de punto de acceso, FDB o cajas de distribución principal, FDF o cajas de paso y roseta óptica. La distancia máxima admitida es de 20km. (Quisnancela, 2016)

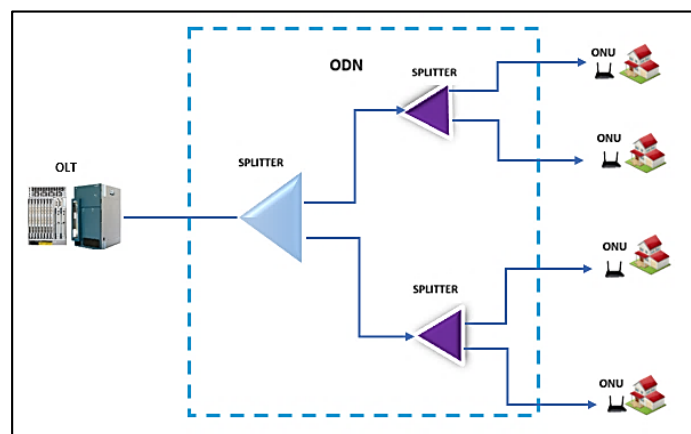
#### **1.4.5.3 Splitter o divisor óptico**

Es un elemento pasivo de distribución óptica bidireccional, se encuentra localizado a lo largo del tramo de la red, entre la OLT y sus respectivos ONT's que entrega el servicio. Esta encargada de multiplexar y demultiplexar las señales recibidas. (Quisnancela, 2016)

#### **1.4.5.4 ONU (Optical Network Unit)**

Está localizado en las instalaciones del usuario final, convierte las señales ópticas transmitidas en señales eléctricas. Puede enviar, incorporar y gestionar diferentes tipos de datos entregados por el usuario y los envía a la OLT en sentido ascendente. (Juan, 2018)

Figura 1.2. Arquitectura lógica GPON



Esquema lógico de distribución de la arquitectura GPON. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

## CAPÍTULO 2

### ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA RED ACTUAL

#### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA ATVcable Cia. Ltda.

ATVcable es una empresa de índole privada dedicada a brindar servicios de telecomunicaciones, actualmente labora en la ciudad de Latacunga y parroquias aledañas ofreciendo servicios de televisión por cable e Internet a través de la red de fibra óptica logrando así optimizar los recursos de la red y aumentando su banda ancha para evitar el tráfico de paquetes en la transmisión de la información.

##### 2.1.1 Ubicación de la empresa

La empresa ATVcable Cia Ltda., se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, con su oficina matriz en la ciudad de Latacunga Calles Quito 18-16 y Félix Valencia y su cabecera en la Av. 5 de Junio y Río Langoa, como se muestra en la figura 3. (Guayaquil Silvana & Miranda Harold, 2006)

Figura 2.1. Ubicación geográfica referencial



Ubicación geográfica de la cabecera ATVcable. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

### **2.1.2 Misión de ATVcable**

Proveer el servicio de televisión por cable, con principios de mejoramiento continuo y competitividad, basado en valores de iniciativa y liderazgo, puntualidad en servicio al cliente, ética, amabilidad y desarrollo; con el fin de brindar calidad a precios justos, permitiendo así la competitividad de la empresa a nivel local mediante el uso de nuestra infraestructura, misma que permite ofrecer cantidad y calidad de programación a nuestros abonados. (Guayaquil Silvana & Miranda Harold, 2006)

### **2.1.3 Visión de ATVcable**

La empresa ATV cable que presta servicios de televisión por cable, aspirara el liderazgo en el mercado local, manteniendo siempre un mejoramiento continuo sustentado en un privilegiado servicio al cliente, prestado con amabilidad y honestidad, además de saber entregar el servicio con la debida puntualidad, valor que será también exigido a la fuerza laboral, lo que desembocara en un auto desarrollo de los mismos, llegando de esta manera a superar los servicios hoy prestados y principalmente otorgado la opción de implementar nuevos servicios como el Internet y la telefonía.(Guayaquil Silvana & Miranda Harold, 2006)

## **2.2 LINEA DE NEGOCIO**

La empresa ATVcable Cía. Ltda. brinda Servicios de Telecomunicaciones a la ciudad de Latacunga y parroquias aledañas a la misma. Su actividad principal es operar con telefonía tradicional y Tecnología Alámbrica e Inalámbrica. Actualmente la empresa cuenta con más de 2000 clientes a quienes brinda el servicio de datos y video por medio de la red de fibra óptica, los mismos que se encuentran localizados en los siguientes sectores que se detalla en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Áreas de cobertura de la empresa ATVCable

Ciudad de Latacunga
Barrio San Felipe
Barrio Loma Grande
Mercado Mayorista
Barrio Valle Hermoso
Barrio Los Arupos
Barrio Mirasol
Barrio San Martín
Barrio Bethlemitas
Barrio Sinchaguasín
Barrio 4 Esquinas

Sectores de la ciudad de Latacunga donde la empresa ATVCable brinda cobertura. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ATVCable Cia. Ltda.

### 2.3.1 Infraestructura de la red HFC

La empresa ATVCable utiliza tecnología HFC en una red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial, para brindar el servicio de CATV a más de 1000 usuarios.

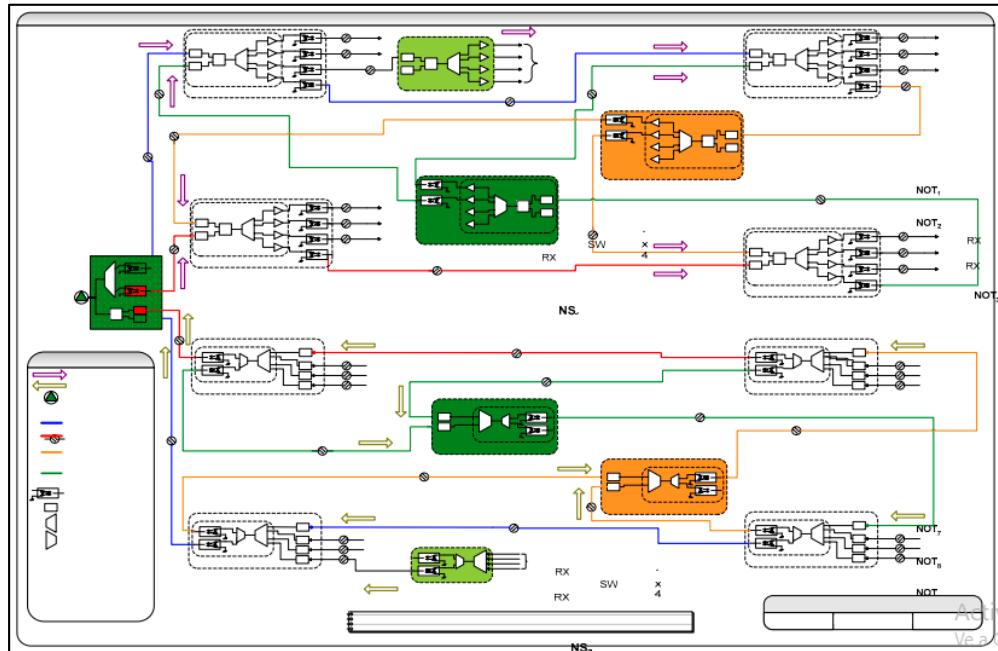
La red HFC vigente se encuentra conformada por los siguientes tramos:

- **Head End o Cabecera:** Se encuentran las antenas satelitales y locales, un equipo modulador PCM 55 SAW, un procesador de señales PFAD, un combinador PHC – 24G, un router mikrotik CCR1072 y un switch de borde, para más especificaciones técnicas revisar Anexo 1.
- **Red Troncal:** constituye la red óptica, denominado el backbone de 12 hilos que recorre una distancia aproximada de 12 km desde la central principal ATVCable hacia un nodo óptico ubicado en la vía a Pujilí, dicho nodo se encarga de transformar la señal óptica en señal eléctrica para ser distribuida.
- **Red de distribución:** suministra la señal de televisión mediante amplificadores a través de un cable coaxial de tipo RG-500, este elemento se encarga de aumentar la potencia de la señal.



- **Red de Dispersión:** denominada red de abonado lleva la señal de video y datos al usuario final a través de taps y el cable coaxial RG-6.

Figura 2.2. Infraestructura de la red HFC de la empresa ATVcable



Esquema lógico de la red HFC para la transmisión de señales de video y datos. Fuente: (Guayaquil Silvana & Miranda Harold, 2006)

### 2.3.2 Tipología de la red existente

La tecnología de acceso que maneja la red actual de la empresa ATVcable se basa en el modelo lógico GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), para brindar el servicio de televisión y datos a la ciudad de Latacunga a través de la red de fibra óptica como medio de transmisión con el fin de disminuir las interferencias electromagnéticas en largas distancias y proporcionar mayor ancho de banda.

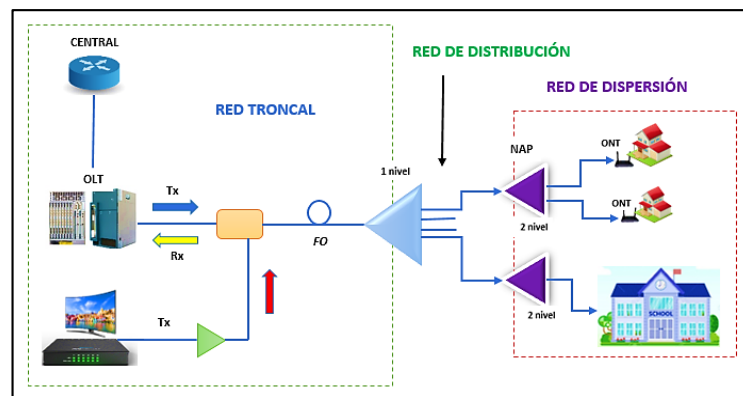
El núcleo de la red GPON implementada en la empresa ATVcable se encuentra conformada por los siguientes elementos activos y pasivos:

- Tres distribuidores de fibra óptica **ODF** (Optical Distribution Fiber), tres equipos terminales **OLT** (Optical Line Terminal), tres amplificadores ópticos

**EDFA** (Erbium Doped Fiber Amplifier), equipos de radiofrecuencia y enrutadores Mikrotiks ubicados en la cabecera de la empresa.

- Distribuidores ópticos denominados **Splitter** que se encargan de la ramificación de la señal a lo largo del trayecto, existen dos niveles de splitting.
- **NAP's** (Network Access Point), las cajas de distribución óptica reservan y protegen los empalmes ópticos que conecta el cable de distribución con el cable drop que llega al usuario final.
- **ONT's** (Optical Network Terminals) denominados también **ONU's** (Optical Network Unit), son terminales de red óptica ubicados en el hogar del cliente final, estos dispositivos son encargados de brindar el servicio de internet y televisión al suscriptor.

Figura 2.3. Arquitectura de la red GPON



Elementos activos y pasivos que conforman la red GPON. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 2.3.3 Arquitectura

La tecnología utilizada para el despliegue de la red de la empresa ATVCable pertenece al grupo de las tecnologías **FTTx** que en la actualidad presentan una mayor demanda en el campo de las telecomunicaciones. La conexión **FTTH** (Fiber to the home) hace posible la transmisión de información de datos y video a partir de los nodos principales hasta la vivienda del operador.

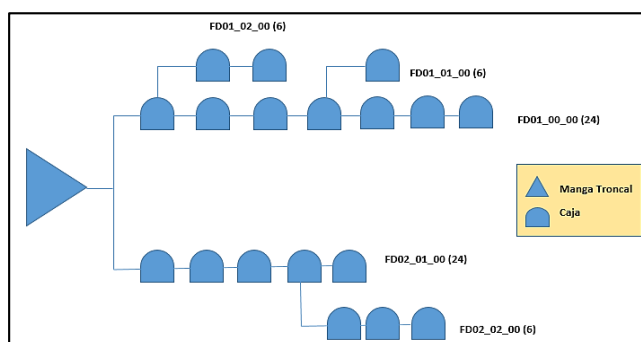
### ***2.3.3.1 Arquitectura en cascada***

La arquitectura de la red se orienta en brindar un soporte multiservicio optimizando los recursos de construcción disminuyendo el tiempo empleado, además al trabajar con estándares de futuro crecimiento facilita la escalabilidad de la red para ampliaciones a futuro. El tramo principal de fibra óptica o extensión de la red feeder se encuentra conformado por **dos niveles de Splitter**, el primer nivel mantiene una relación 1:4 y el segundo 1:16 esto varía dependiendo de la demanda del lugar. Desde el splitter primario se distribuyen los hilos de fibra óptica hacia el splitter secundario o cajas de distribución (**NAP**), la misma distribución en cascada que habilita el servicio para 64 **NAP's** por cada hilo de fibra a partir del primer nivel.

Cada **NAP** está diseñada para abastecer a un número máximo de 16 usuarios, los equipos activos que utiliza la empresa ATVCable ubicados en la central como la **OLT** es de 32 puertos, cada puerto **GPON** suministra el servicio hasta 64 usuarios lo que da una capacidad de 2048 **ONT's**, un equipo **EDFA** de 64 puertos que combina la señal de datos y video y al final un distribuidor óptico **ODF** de 48 puertos que representa la salida del cable FO al medio.

Además, cada puerto **GPON** ofrece una velocidad asimétrica de 1,25 upstream y 2,50 downstream ofreciendo una velocidad alta en comparación con otras tecnologías, el dimensionamiento existente entre el equipo **OLT** y el equipo final **ONT** determina el ancho de banda que se puede ofrecer a cada cliente. En la figura 2.4 se muestra la arquitectura de los dos niveles de splitter del modelo lógico GPON que emplea la red ATVCable, revisar Anexo 2.

Figura 2.4. Arquitectura de la distribución óptica

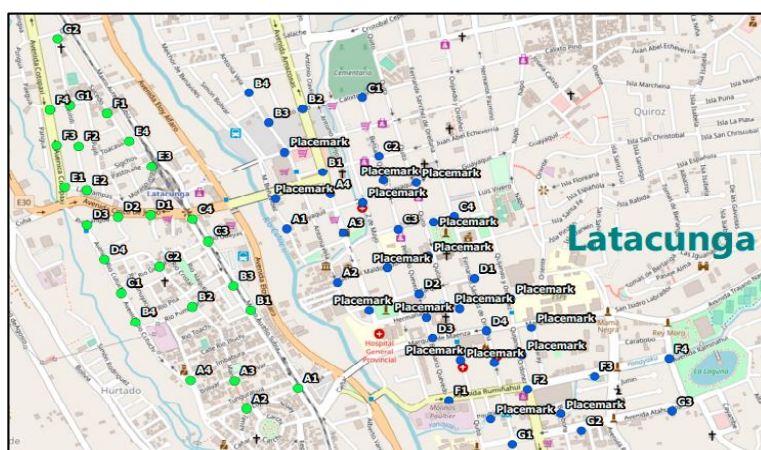


Arquitectura en cascada de los dos niveles de Splitteo. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 2.3.4 Topología lógica y física actual

Actualmente la red se encuentra conformada por un nodo principal ubicado en la ciudad de Latacunga y 160 nodos secundarios ambos pertenecientes a la red feeder o red de alimentación que se extiende desde un **ODF** hacia los diferentes puntos de ubicación de las **NAP's** o nodos secundarios que se encuentran en la postería del lugar, desde cada caja de distribución se establece la conexión de enlace con el equipo **ONT** ubicado en el domicilio del suscriptor. En la figura 2.5 se puede observar la ubicación de las **NAP's** para la ciudad de Latacunga donde la empresa ATVCable presta su servicio.

Figura 2.5. Cobertura de la empresa ATVCable para la ciudad de Latacunga

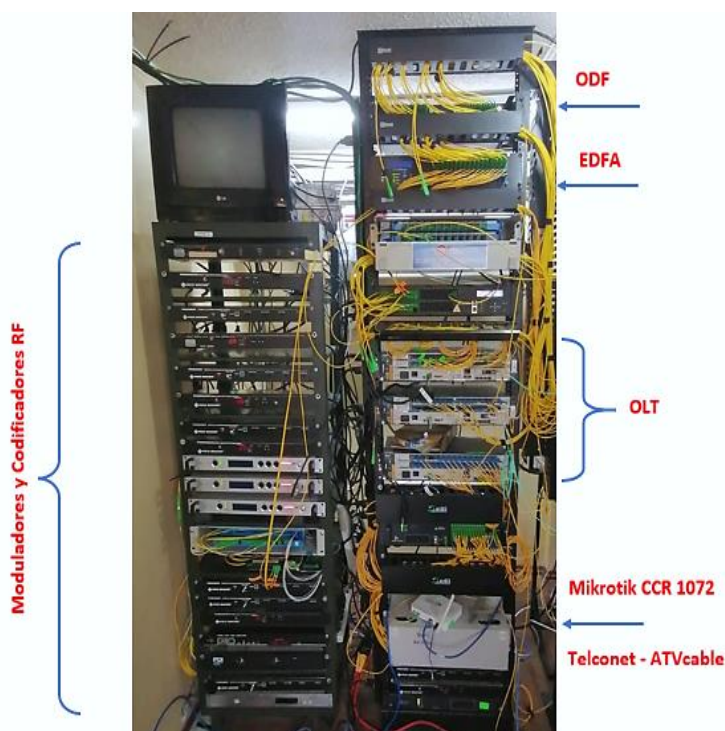


Zona de cobertura con NAP's. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

La ruta que recorre la red de alimentación o red feeder está conformada por una fibra monomodo G 652.D de 48 hilos, la ruta principal por una fibra de 24 hilos y la red de distribución con una fibra de 12 y 6 hilos, cada hilo de fibra llega a cada **NAP** lo que hace posible el control de cobertura del servicio. La distancia máxima hasta las cajas de distribución no supera los 8km teniendo como resultado una buena potencia de transmisión desde la **OLT**, cabe recalcar que la distancia máxima para evitar grandes atenuaciones en el cable de fibra es de 20km.

El servidor principal ubicado en el Head End de la empresa ATVCable es de las series Mikrotik CCR-1072, el mismo que trabaja con velocidades de 1GHz por núcleo lo cual facilita el enrutamiento de paquetes regulando el tráfico de información que se genera entre la red pública y la privada. Los equipos para la provisión del servicio de televisión e Internet se localizan en la central principal, como se puede apreciar en la figura 2.6.

Figura 2.6. Equipos oficina principal de ATVCable



Equipos activos de la central ATVCable. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 2.3.5 Equipamiento pasivo y activo actual

El equipamiento activo de la red se encuentra conformado por un **enrutador Mikrotik CCR – 1072** que se conecta a la **OLT ZTE ZXA10 C320**, un amplificador **EDFA 1550** que se conecta al **ODF CAN-FPP-200** por donde se genera la señal combinada de audio y video hacia las **ONT's TENDA F3** del usuario final.

#### 2.3.5.1 Router Mikrotik CCR – 1072

CCR – 1072 es un nuevo modelo de router que integra una CPU de 72 núcleos, cada uno trabaja a una velocidad de 1GHz. Este equipo posee gran capacidad en el envío de paquetes y está configurado para administrar el ancho de banda por operador al igual que el monitoreo constante de la red, para más detalles técnicos revisar Anexo 3.

Figura 2.7. Mikrotik CCR-1072 (ATVcable)



Equipo encargado de proporcionar el servicio de Internet. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

#### 2.3.5.2 OLT ZTE ZXA10 C320

Plataforma unificada para la tecnología GPON, brinda el servicio de voz, audio y video gracias a su gran capacidad de ancho de banda y control de tráfico bidireccional, esta unidad está conformada por 32 puertos GPON con un transceptor de potencia clase C++ y una tarjeta GPON 8/16 puertos, revisar Anexo 4.

Figura 2.8. OLT ZXA10 C320



Equipo encargado del enrutamiento del tráfico de datos PON. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### **2.3.5.3 AMPLIFICADOR EDFA 1550**

Equipo encargado de multiplexar la señal RF con la señal GPON proveniente del transmisor óptico de 1550nm, conformada por 32 puertos con una potencia de salida de 22 dBm, revisar Anexo 5.

Figura 2.9. EDFA GPON 1550



Equipo encargado de multiplexar la señal de audio y video. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### **2.3.5.4 ODF CAN – FPP – 200**

Distribuidor de fibra óptica de 48 puertos, equipo encargado de gestionar los cables de fibra óptica hacia el medio para la distribución a través de la ODN, para aplicaciones FTTx y centro de datos LAN-WAN, revisar Anexo 6.

Figura 2.10. ODF FPP 200



Distribuidor de fibra óptica. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 2.3.5.5 ONT Tenda F3

Terminal de red óptica que convierte los pulsos de luz en señales eléctricas, las mismas que son enviadas a los equipos ONT's, se encarga de gestionar datos bidireccionales ya sea desde la OLT a la ONT o viceversa para esto utiliza un proceso de gestión denominado **Grooming** que reorganiza el flujo de datos para evitar pérdidas de paquetes en la transmisión, detalles técnicos revisar Anexo 7.

Figura 2.11. ONT Tenda F3



Equipo ubicado en el hogar del cliente final. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 2.3.6 Direccionamiento

El direccionamiento IP que maneja la empresa ATVcable tanto para la red pública como para la red privada se encuentra detallada en la tabla 2.2, que permite el gestionamiento y control de la red de manera continua.

Tabla 2.2. Direccionamiento de la empresa ATVcable

Uso	IP de Red	Gateway	Rango de dirección	Red/Prefijo
Servidor OLT	172.16.205.0	172.16.205.1	172.16.205.2 -254	172.16.205.0/24
Hosts de operadores	192.168.100.0	192.168.100.1	192.168.100.2-254	192.168.100.0/24
Dispositivos de red (ONT)	192.168.80.0	192.168.80.1	192.168.80.2-83.254	192.168.80.0/22

Rango de direcciones que maneja la empresa para la configuración de los equipos de red. Fuente:

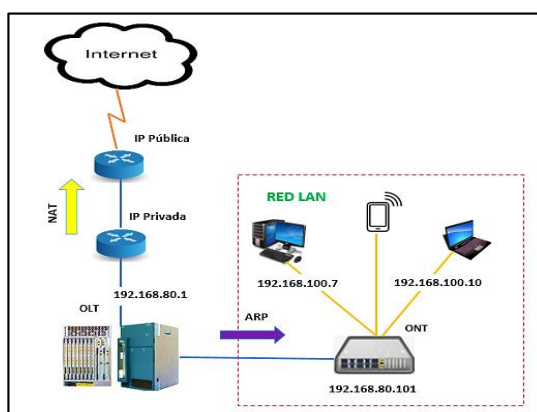
Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Uno de los procesos considerables que realiza el enrutador Mikrotik CCR – 1072 es **NAT** (Network Address Translation) y **ARP** (Address Resolution Protocol), NAT para



la traducción de las IPs privadas a públicas y así obtener acceso a Internet y ARP para asignar IP's estáticas a los dispositivos de red **ONT's**, este procedimiento se realiza desde el usuario final hasta Internet y viceversa, como se muestra en la figura 2.12.

Figura 2.12. Direccionamiento de la red ATVCable



Direccionamiento lógico de la red ATVCable. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

## 2.3.7 Servicios de red

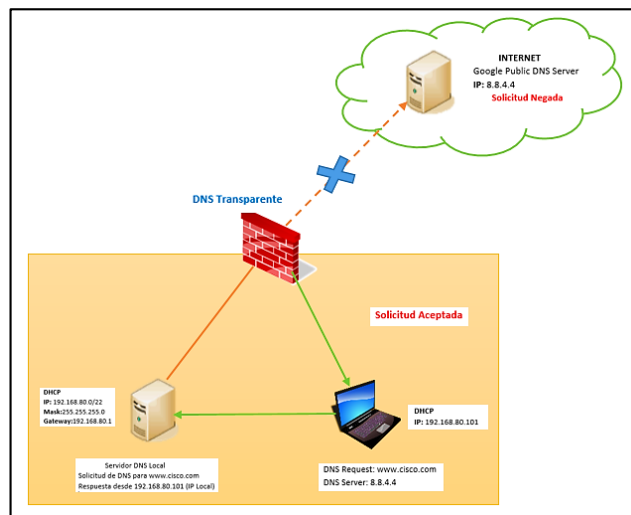
### 2.3.7.1 Servidor DNS (Domain Name Server)

La empresa ATVCable dispone de un servidor DNS encargado de traducir los nombres de dominio de las páginas web que soliciten los clientes, todos los equipos necesitan estar enganchados a este servidor para recibir cualquier petición del dispositivo conectado a la red, además el DNS identifica el tráfico existente con la finalidad de aumentar la velocidad y distribuir el consumo de ancho de banda para toda la red.

### 2.3.7.2 Servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Este servidor es el encargado de asignar dinámicamente direcciones IP a todos los usuarios conectados a la red de la empresa ATVCable entre otros parámetros como máscara de red y puerta de enlace necesarios para el reconocimiento del dispositivo en la red. En la figura 2.13 se ilustra la asignación de IP's por parte del servidor DHCP y el funcionamiento que cumple el servidor DNS.

Figura 2.13. Servidor DNS y DHCP



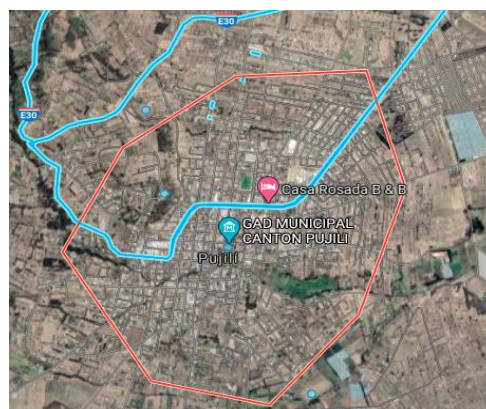
El cliente final envía una petición de búsqueda al DNS local para garantizar su respuesta desde el servidor principal de la empresa. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

## 2.4 ANÁLISIS DEL SECTOR

### 2.4.1 Ubicación de la Ciudad de Pujilí

La ciudad de Pujilí se encuentra asentada en la provincia de Cotopaxi a 24 kilómetros de la ciudad de Latacunga, rodeada por 6 parroquias rurales y 1 parroquia urbana. Sus coordenadas geográficas son Latitud Sur  $0^{\circ}57'27.3''$  y Longitud Oeste S  $78^{\circ}41.782'0''$ .

Figura 2.14. Ciudad de Pujilí

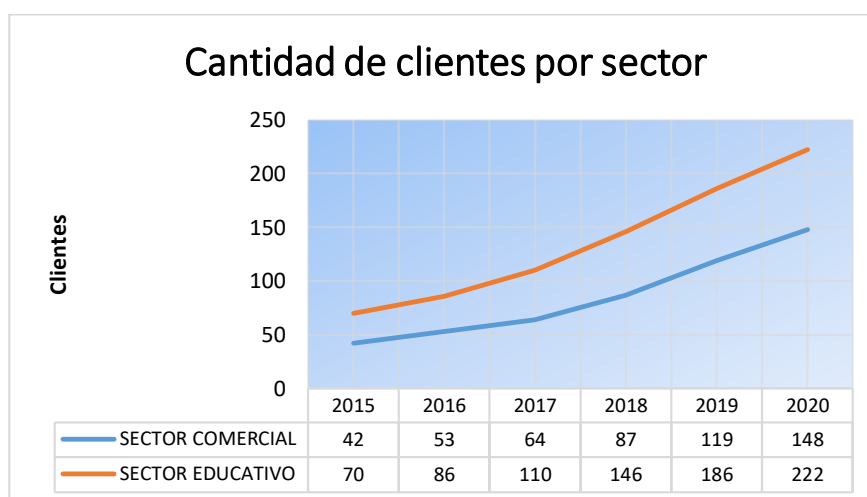


Ubicación geográfica de la cabecera cantonal Pujilí. Fuente: Google Maps.

### 2.4.2 Estudio de Mercado

De acuerdo a un análisis in-situ, en los últimos años la ciudad de Pujilí ha registrado un importante crecimiento en cuanto a las conexiones de Internet, así como una mayor demanda de un servicio de mejores prestaciones. De acuerdo a los datos proporcionados por el INEC se determinó un incremento del 30% en el sector comercial y un 35% en el sector educativo entre el año 2015 – 2020, como se puede observar en la figura 2.15.

Figura 2.15. Cantidad de clientes por sector



### 2.4.3 Cálculo de la Muestra

En base a un estudio de mercado, se aplicó una encuesta en campo a 370 potenciales clientes, de ellos 148 pertenecientes al sector comercial y 222 al sector educativo para determinar la necesidad de un servicio eficiente de conexión al Internet en la ciudad de Pujilí y estimar el área de cobertura inicial para el proyecto. La encuesta se encuentra detallada en el Anexo 8.

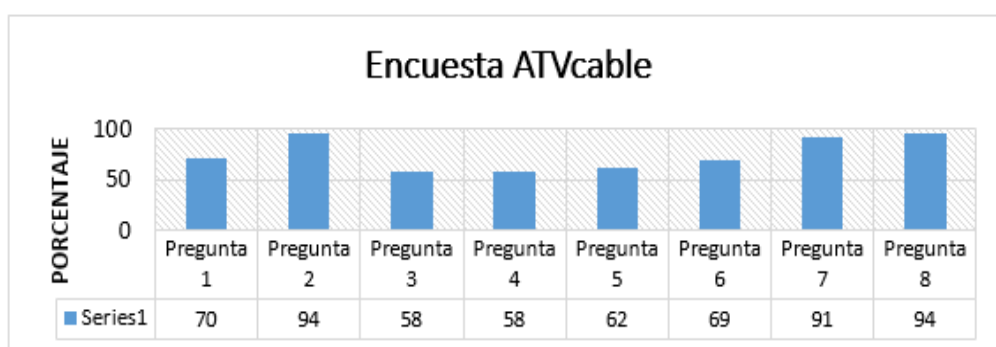
Figura 2.16. Distribución del sector de Pujilí



#### 2.4.4 Análisis de Resultados

En la figura 2.17 se puede verificar que el 70% de clientes encuestados no cuentan con acceso a internet y el 62% dicen necesitar de una red de acceso estable que brinde confiabilidad en sus comunicaciones. Los resultados obtenidos de la encuesta se detallada en el Anexo 9.

Figura 2.17. Distribución del sector de Pujilí



Resultados de la encuesta aplicada a la ciudad de Pujilí. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

## **2.5 REQUERIMIENTOS PARA LA RED GPON**

A continuación, se detallan algunas consideraciones que se debe valorar para el desarrollo del diseño de la red GPON en la ciudad de Pujilí.

- Estudio del área donde se va a realizar el diseño de la red GPON considerando una distancia física que determine la atenuación en el cable de fibra a un máximo de 20 km y las relaciones de Splitter de 1:64 hasta 1:128.
- Las tasas de transmisión de acuerdo a la ITU-T G.984.3 se establece en sentido asimétrico 1.24416 Gbit/s de subida y 2.488832 Gbit/s de bajada y en transmisión simétrico 622 Mbit/s y 1,25 Gbit/s, ayudando a solventar el constante crecimiento de la demanda de los usuarios ampliando su ancho de banda con un equipo adecuado para la administración de la red y usuarios.
- Los equipos que conforman una red GPON deben poseer facilidades de gestionamiento y mantenimiento además de un constante monitoreo de la red, tomando en cuenta que utiliza un algoritmo de encriptación AES (Advanced Encryption Standard) evitando los accesos no autorizados ya que es un sistema de cifrado simétrico.
- La técnica de multiplexación utilizada por GPON soporta diferentes servicios y protocolos de transporte, en la cual evita la latencia en la red, gracias a su transmisión de datos más rápida y confiable según ITU-T G-PON con una eficiencia ascendente del 93% y descendente del 94%, a comparación de las demás redes PON. Adicionalmente la red tiene una escalabilidad, que será compatible para futura evoluciones como XG-PON.
- GPON es una de las tecnologías más eficientes debido a que ofrece un mayor número de canales de alta definición en el cual la cabecera es la encargada de transformar la señal de video en una cadena de datos IP para así obtener acceso a internet, evitando atenuaciones, eco, ruido, señales intermitentes y jitter en la señal de video ocasionando baja calidad del servicio para el usuario.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DE LA RED**

#### **3.1 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto se optó por la metodología TOP-DOWN que utiliza técnicas estratégicas en las cuales se describe las fases necesarias para el diseño e implementación de una red, las mismas que contribuyen al desempeño y rendimiento exitoso de los servicios prestados manteniendo un crecimiento continuo y futuro de la red.

Los pasos a considerar para el diseño del presente proyecto realizadas en campo se detallan de la siguiente manera:

1. Estudio Geográfico de la zona.
2. Encuestas en campo para determinar la factibilidad del proyecto.
3. Definir las posibles rutas de acceso para brindar servicio.
4. Recopilación de la información georeferenciada de cajas y postes.
5. Seleccionar el tipo de fibra óptica para el tendido de cable.
6. Realizar cálculos para verificar si el enlace de fibra óptica se encuentra en óptimas condiciones.
7. Simular el diseño de red en el software Optsim para verificar pruebas de potencia.
8. Definir los equipos activos y pasivos que se utilizará para la implementación del proyecto.
9. Realizar un análisis de factibilidad de la propuesta.
10. Analizar los costos de implementación.

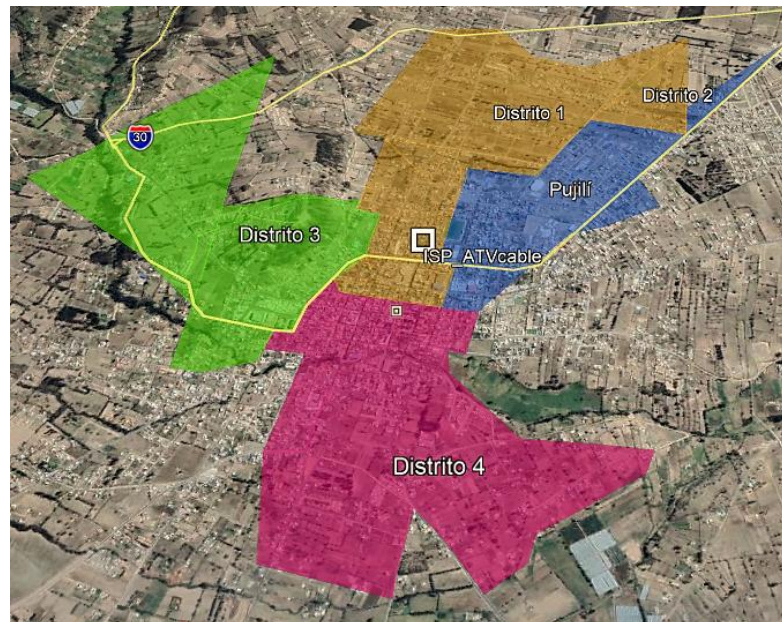
Una vez recopilada toda la información se procederá a diseñar la topología física que represente la ubicación de los puntos referenciales que abarca la cobertura de red para cada distrito de la ciudad de Pujilí con la ayuda del software Google Maps, ArcGis y para el diseño lógico de la red se utilizará el software Optsim para demostrar la funcionalidad de la red.

### 3.2 DISEÑO FÍSICO DE LA RED

Se optó por realizar el diseño sectorizando el área a cubrir en 4 distritos para satisfacer la demanda existente. A continuación, se describe como están constituidos cada uno de ellos.

- **Distrito 1 (naranja):** Su área de cobertura limita la calle José Joaquín de Olmedo y Av. Pichincha, esta zona se encuentra rodeado por el terminal terrestre, hoteles, locales comerciales, restaurantes y cuartos de arriendo.
- **Distrito 2 (azul):** Se encuentra limitado por la Av. Velasco Ibarra y Rafael Villacis, presenta una alta demanda debido a que se encuentra conformado por varios conjuntos habitacionales.
- **Distrito 3 (verde):** Al igual que el Distrito 2 esta zona también se encuentra rodeado de un gran sector habitacional.
- **Distrito 4 (rosado):** Limitado por la Av. Velasco Ibarra y Juan Salinas, zona que presenta mayor demanda comercial debido a que está rodeada de locales comerciales, conjuntos habitacionales y el Colegio Técnico Pujilí.

Figura 3.1. Topología física de red



Diseño de cobertura de los 4 distritos para la ciudad de Pujilí. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.



### 3.2.1 Descripción de la Central de Pujilí

Para llevar el servicio a la ciudad de Pujilí se establecerá un enlace punto a punto de 12 km con una fibra monomodo G 652.D de 12 hilos desde Latacunga hacia Pujilí ocupando 2 hilos de fibra para brindar el servicio de televisión e internet. Desde el ISP\_ATVcable se alimentará al nodo de Pujilí a través de la salida del cable FO de un equipo **ODF** de 12 puertos que recorrerá la avenida del paso lateral Latacunga como se observa la ruta en la figura 3.2.

Figura 3.2. Enlace de conexión del ISP al nodo de Pujilí



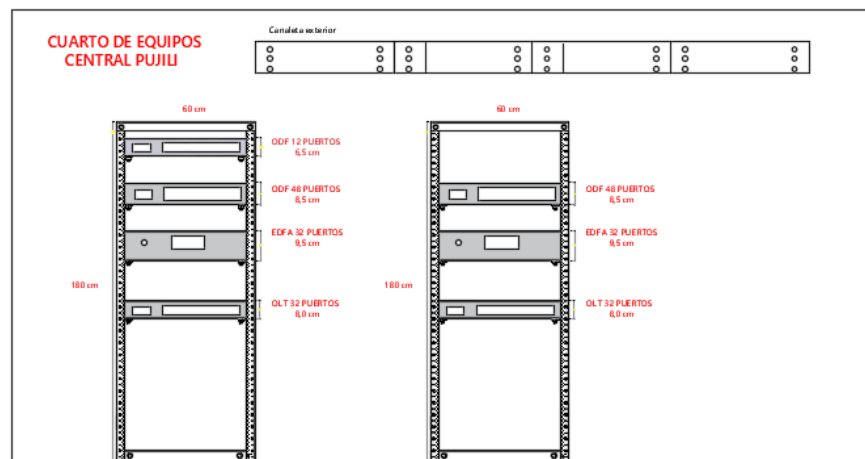
Dimensionamiento del enlace para brindar el servicio de Latacunga a Pujilí. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

El cuarto de comunicaciones en Pujilí se encontrará ubicado en la Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo, punto estratégico y central que cubre toda el área de estudio. Su estructura se puede apreciar en la figura 3.3 y se encontrará conformada por:

- 2 equipos **OLT**, 2 equipos **EDFA** y 3 **ODF** ubicados en dos racks.
- Longitud de onda de 1490nm y 1550nm downstream en el **OLT** y para las **ONU's** 1310nm upstream para el envío de paquetes de televisión y datos.
- Cada equipo **OLT** contará con tarjetas de 8 GPON para un máximo de 64 **ONU's** que brindará el servicio hasta 4096 clientes.



Figura 3.3. Cuarto de equipos – Central Pujilí

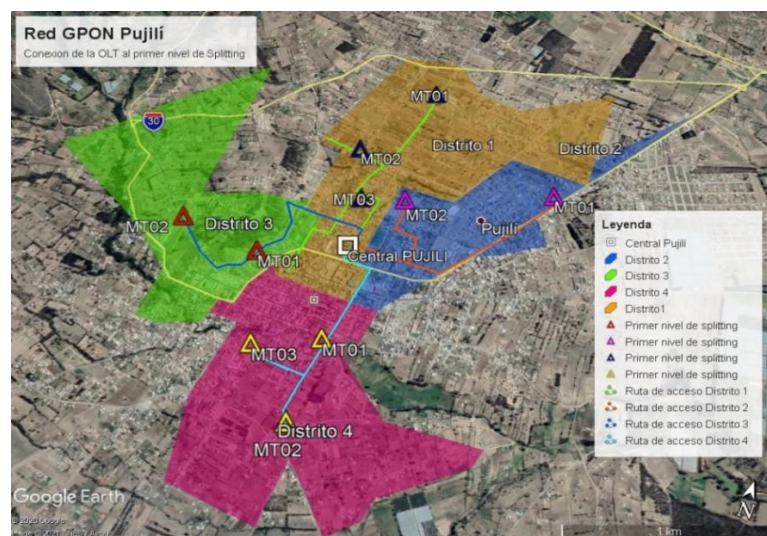


Estructura propuesta de la Central de Pujilí. Fuente Katherin Concha, Valeria Tituaña.

#### a) Ubicación de Splitters

Para la ubicación de splitters es necesario considerar el estudio de demanda del sector para evitar el solapamiento de la red y brindar un servicio óptimo a los usuarios. Para el primer nivel de splitteo se utilizará un divisor óptico de 1x4 y para el segundo un divisor de 1x16 soportando hasta 64 ONU's.

Figura 3.4. Rutas de acceso para el primer nivel de splitteo



Rutas de acceso que conforman la red GPON. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Tabla 3.1. Distribución de Splitters de primer nivel por distrito.

<b>Distrito</b>	<b>Manga Troncal</b>
<b>Distrito 1</b>	3 splitters 1X4 de primer nivel
<b>Distrito 2</b>	2 splitters 1X4 de primer nivel
<b>Distrito 3</b>	2 splitters 1X4 de primer nivel
<b>Distrito 4</b>	2 splitters 1X4 de primer nivel

#### b) Cálculo de la red de acceso

El sector donde se propone realizar el diseño se considera como estimado 370 usuarios, a cada uno se les entregará como mínimo 10Mbps de ancho de banda para el servicio de datos y televisión. En la ecuación 2.2 se demuestra el cálculo para determinar la capacidad que necesita la red. (Paz, 2017)

$$Capacidad = \frac{\text{Numero de usuarios} * \text{ancho de banda}}{\text{comparticion de ancho de banda}} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

$$Capacidad = \frac{370 \text{ usuarios} * 10Mbps}{2 \text{ usuarios}} = 1850Mbps$$

$$Capacidad \text{ Total} = Capacidad * \%usuarios \text{ conectados} + \text{estalabilidad}$$

$$Capacidad \text{ Total} = (1850Mbps * 70\%) + 30\% = 1295.3 \text{ Mbps}$$

Para la capacidad total se consideró que del 100% de usuarios solo el 70% se conectan al internet por lo tanto para cubrir con la cantidad de usuarios existentes por el momento se contratará como mínimo 2000Mbps al proveedor.

#### 3.2.2 Análisis de Distritos

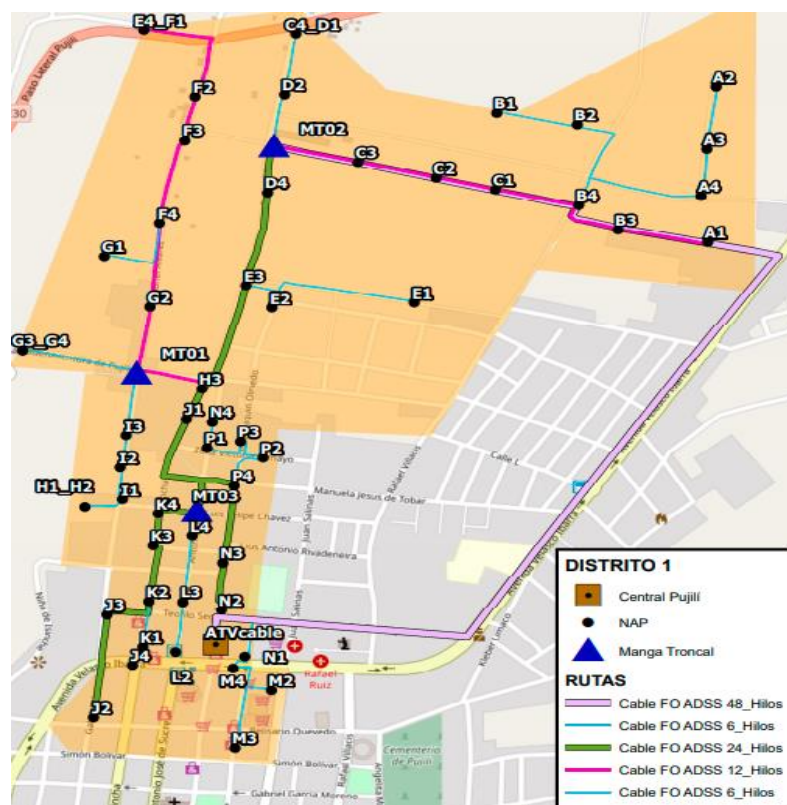
Para el despliegue de la red GPON se estima diseñar 4 rutas de acceso (distritos) que se originan desde la central de Pujilí (**OLT**) hacia un punto referencial donde se ubicaría la primera manga troncal para la distribución de hilos con el propósito de cubrir la mayor área posible, cabe recalcar que la nomenclatura asignada a cada **NAP** dependerá del diseño propuesto por parte de la empresa.

Para el tendido de cable se deberá contratar la postería de alumbrado público vigente de la ciudad perteneciente a la empresa ELEPCOSA aplicando el método de enrollado retractable fijo y la fibra monomodo G652.D para garantizar una vida útil mínimo de 25 años, para más especificaciones técnicas revisar Anexo 10.

### 3.2.2.1 Distrito 1

Para la primera ruta de acceso se estima recorrer una distancia aproximada de 3,90 km desde la central hacia el primer nodo secundario cubriendo un área de  $930 \text{ km}^2$ , para satisfacer la demanda existente en la zona se requiere la instalación de 60 cajas de distribución, 15 series de NAP's que se distribuirán por una ruta principal de 24 hilos, 2 rutas secundarias de 12 hilos y 8 rutas derivadas de 6 hilos como se muestra en la figura 3.5.

Figura 3.5. Cobertura Distrito 1



Distribución de rutas y NAP's del distrito 1. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Tabla 3.2. Ubicación del distrito 1

Ubicación	
<b>Oficina Central</b>	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo.
<b>Ruta Final</b>	Av. Velasco Ibarra

Definido el área de cobertura y las rutas de acceso del distrito 1 se considera necesario los siguientes elementos detallados en la tabla 3.3 y 3.4 para la implementación de la red GPON para la empresa ATVCable en la ciudad de Pujilí.

Tabla 3.3. Materiales de construcción necesarios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Fibra Óptica ADSS G.652.D	8000	m
Cajas de distribución externa	69	u
Splitter 1:4	19	u
Splitter 1:16	60	u
Mangas de empalme 6 puertos	3	u
Cable Droop G657, 2 hilos	4000	m
Roseta Óptica	832	u
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	832	u
ONT	832	u

Tabla 3.4. Elementos de Herrajería necesarios

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de Retención (tipo A)	175	u
Herrajes de Suspensión (tipo B)	48	u
Preformado Helicoidal	400	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	10	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{1}{2}$	10	u
Cinta acerada $\frac{3}{4}$	80	u
Cinta acerada $\frac{1}{2}$	80	u

La ubicación de los divisores ópticos de primer y segundo nivel se ha proyectado colocarlos en puntos estratégicos detallados en la tabla 3.5, considerando la densidad poblacional de la zona para cubrir con el mayor número de usuarios.

Tabla 3.5. Distribución de NAP's y mangas de empalme.

UBICACIÓN DISTRITO 1				
Cajas de distribución			Coordenadas	
N ° de caja	Splitter	Dirección	Latitud	Longitud
A	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°56'28''S	78°41'10'' W
B	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°56'36''S	78°41'17'' W
C	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°56'35''S	78°41'29'' W
D	1:16	Av. Pichincha	0°56'33''S	78°41'36'' W
E	1:16	Av. Gabriel Álvarez	0°56'41''S	78°41'41'' W
F	1:16	Av. Gabriel Álvarez	0°56'28''S	78°41'46'' W
G	1:16	Av. Gabriel Álvarez	0°56'35''S	78°41'47'' W
H	1:16	Av. Gabriel Álvarez y Niño de Isínche	0°56'49''S	78°41'55'' W
I	1:16	Av. Gabriel Álvarez	0°56'57''S	78°41'50'' W
J	1:16	Av. Gabriel Álvarez y Teófilo Segovia	0°57'07''S	78°41'51'' W
K	1:16	Av. Pichincha y Luis Felipe Chávez	0°57'03''S	78°41'48'' W
L	1:16	Av. Velasco Ibarra y Antonio José de Sucre	0°57'08''S	78°41'46'' W
M	1:16	Av. Velasco Ibarra y Juan Salinas	0°57'17''S	78°41'40'' W
N	1:16	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo	0°57'06''S	78°41'43'' W
P	1:16	José Joaquín de Olmedo	0°56'56''S	78°41'42'' W
Mangas Troncales			Coordenadas	
Manga Troncal	N ° de Splitter 1:4	Dirección	Latitud	Longitud
01	4	Av. Pichincha	0°56'33''S	78°41'40'' W
02	5	Av. Gabriel Álvarez	0°56'49''S	78°41'50'' W
03	6	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo	0°57'10''S	78°41'44'' W

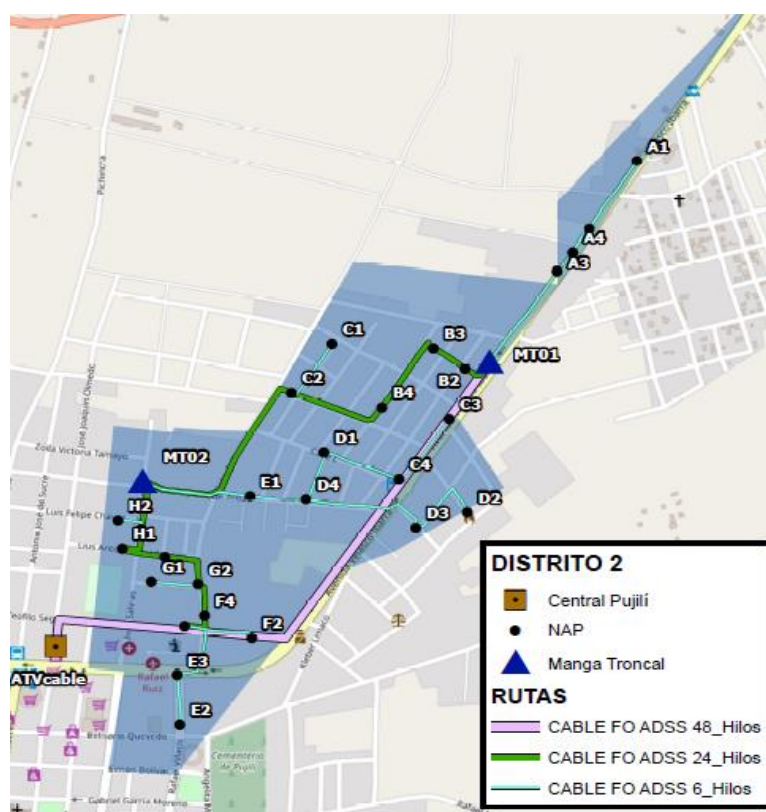
Coordenadas georreferenciadas de la ubicación de cajas de distribución y mangas troncales del distrito

1. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 3.2.2.2 Distrito 2

Para la segunda ruta de acceso se estima recorrer una distancia aproximada de 3,60 km desde la central hacia el primer nodo secundario cubriendo un área de  $650 \text{ km}^2$ , para satisfacer la demanda existente en la zona se requiere la instalación de 32 cajas de distribución, 8 series de NAP's que se distribuirán por una ruta principal de 24 hilos y 6 rutas secundarias de 6 hilos y 8 como se muestra en la figura 3.6.

Figura 3.6. Cobertura Distrito 2



Distribución de rutas y NAP's del distrito 2. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Tabla 3.6. Ubicación del distrito 2

Ubicación	
<b>Oficina Central</b>	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo.
<b>Ruta Final</b>	Av. Velasco Ibarra

Definido el área de cobertura y las rutas de acceso del distrito 2 se considera necesario los siguientes elementos detallados en la tabla 3.7 y 3.8 para la implementación de la red GPON para la empresa ATVCable en la ciudad de Pujilí.

Tabla 3.7. Materiales de construcción necesarios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Fibra Óptica ADSS G.652.D	6000	m
Cajas de distribución externa	32	u
Splitter 1:4	10	u
Splitter 1:16	32	u
Mangas de empalme 6 puertos	3	u
Cable Droop G657, 2 hilos	3000	m
Roseta Óptica	512	u
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	512	u
ONT	512	u

Tabla 3.8. Elementos de Herrajería necesarios

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de Retención (tipo A)	108	u
Herrajes de Suspensión (tipo B)	30	u
Preformado Helicoidal	300	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	10	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{1}{2}$	10	u
Cinta acerada $\frac{3}{4}$	60	u
Cinta acerada $\frac{1}{2}$	60	u

La ubicación de los divisores ópticos de primer y segundo nivel se ha proyectado colocarlos en puntos estratégicos detallados en la tabla 3.9, considerando la densidad poblacional de la zona para cubrir con el mayor número de usuarios que requieren del servicio.



Tabla 3.9. Distribución de NAP's y mangas de empalme

UBICACIÓN DISTRITO 2				
Cajas de distribución			Coordenadas	
N ° de caja	Splitter	Dirección	Latitud	Longitud
A	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°56'43''S	78°41'07'' W
B	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°56'55''S	78°41'19'' W
C	1:16	Av. Velasco Ibarra y Rafael Villacis	0°56'52''S	78°41'27'' W
D	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°57'03''S	78°41'14'' W
E	1:16	Av. Velasco Ibarra y Belisario Quevedo	0°57'19''S	78°41'35'' W
F	1:16	Av. Velasco Ibarra y Teófilo Segovia	0°57'12''S	78°41'31'' W
G	1:16	Calle Juan y Luis Antonio Rivadeneira	0°57'06''S	78°41'37'' W
H	1:16	Av. Juan Salinas y Luis Felipe Chávez	0°57'03''S	78°41'41'' W
Mangas Troncales			Coordenadas	
Manga Troncal	N ° de Splitter 1:4	Dirección	Latitud	Longitud
1	4	Av. Velasco Ibarra	0°57'00''S	78°41'18'' W
2	4	Av. Velasco Ibarra y Rafael Villacis	0°57'08''S	78°41'34'' W

Coordenadas georreferenciadas de la ubicación de cajas de distribución y mangas troncales del distrito

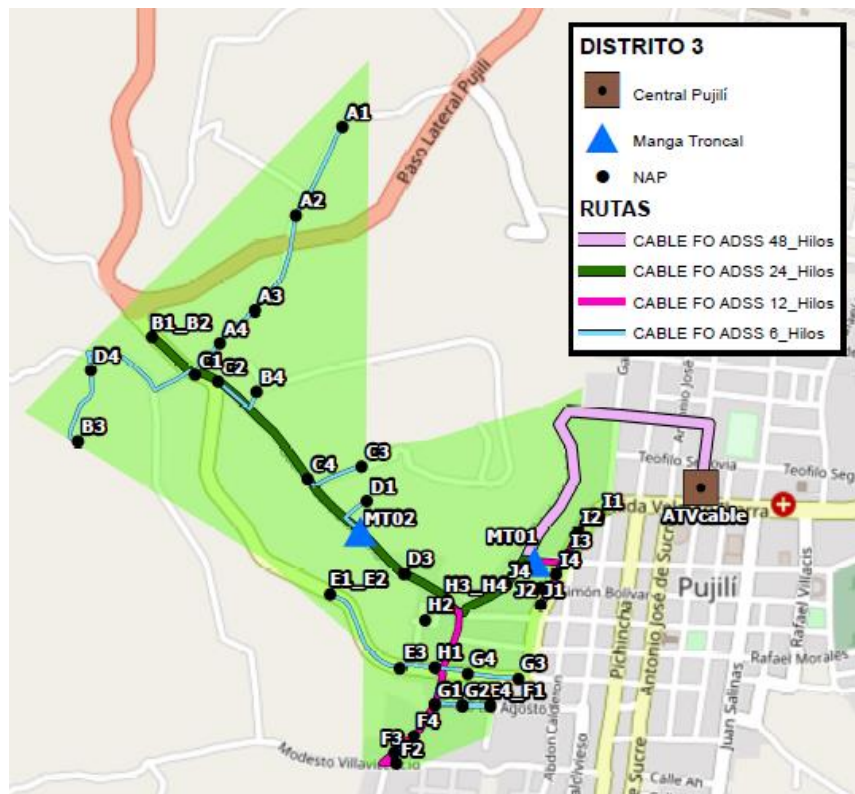
2. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 3.2.2.3 Distrito 3

Para la tercera ruta de acceso se estima recorrer una distancia aproximada de 3,60 km desde la central hacia el primer nodo secundario cubriendo un área de  $900 \text{ km}^2$ , para satisfacer la demanda existente en la zona se requiere la instalación de 38 cajas de distribución, 10 series de NAP's que se distribuirán por una ruta principal de 24 hilos, 2 rutas secundarias de 12 hilos y 6 rutas derivadas de 6 hilos como se muestra en la figura 3.7.



Figura 3.7. Cobertura Distrito 3



Distribución de rutas y NAP's del distrito 3. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Tabla 3.10. Ubicación del distrito 3

Ubicación	
<b>Oficina Central</b>	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo.
<b>Ruta Final</b>	Av. Gabriel García Moreno

Definido el área de cobertura y las rutas de acceso del distrito 3 se considera necesario los siguientes elementos detallados en la tabla 3.11 y 3.12 para la implementación de la red GPON para la empresa ATVCable en la ciudad de Pujilí.

Tabla 3.11. Materiales de construcción necesarios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Fibra Óptica ADSS G.652.D	7000	m
Cajas de distribución externa	38	u
Splitter 1:4	10	u
Splitter 1:16	38	u
Mangas de empalme 6 puertos	2	u
Cable Droop G657, 2 hilos	3000	m
Roseta Óptica	578	u
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	578	u
ONT	578	u

Tabla 3.12. Elementos de Herrajería necesarios

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de Retención (tipo A)	134	u
Herrajes de Suspensión (tipo B)	33	u
Preformado Helicoidal	270	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	10	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{1}{2}$	10	u
Cinta acerada $\frac{3}{4}$	60	u
Cinta acerada $\frac{1}{2}$	60	u

La ubicación de los divisores ópticos de primer y segundo nivel se ha proyectado colocarlos en puntos estratégicos detallados en la tabla 3.13, considerando la densidad poblacional de la zona para cubrir con el mayor número de usuarios que requieren del servicio.

Tabla 3.13. Distribución de NAP's y mangas troncales

UBICACIÓN DISTRITO 3				
Cajas de distribución			Coordenadas	
N ° de caja	Splitter	Dirección	Latitud	Longitud
A	1:16	Paso Lateral Pujilí	0°56'49''S	78°42'19'' W
B	1:16	Av. Gabriel García Moreno	0°56'59''S	78°42'33'' W
C	1:16	Av. Juan Merizalde	0°56'59''S	78°42'33'' W
D	1:16	Av. Juan Merizalde	0°57'11''S	78°42'18'' W
E	1:16	Av. Juan Merizalde	0°57'26''S	78°42'14'' W
F	1:16	Av. Velasco Ibarra y San Juan	0°57'35''S	78°42'10'' W
G	1:16	Av. Velasco Ibarra y calle B	0°57'32''S	78°42'04'' W
H	1:16	Av. Gabriel García Moreno	0°57'23''S	78°42'07'' W
I	1:16	Av. Velasco Ibarra y Belisario Quevedo	0°57'19''S	78°41'56'' W
J	1:16	Av. Velasco Ibarra	0°57'22''S	78°41'59'' W
Mangas troncales			Coordenadas	
Manga Troncal	N ° de Splitter 1:4	Dirección	Latitud	Longitud
1	4	Av. Gabriel García Moreno	0°57'21''S	78°42'01'' W
2	5	Av. Velasco Ibarra y calle Niño Isinche	0°57'16''S	78°42'15'' W

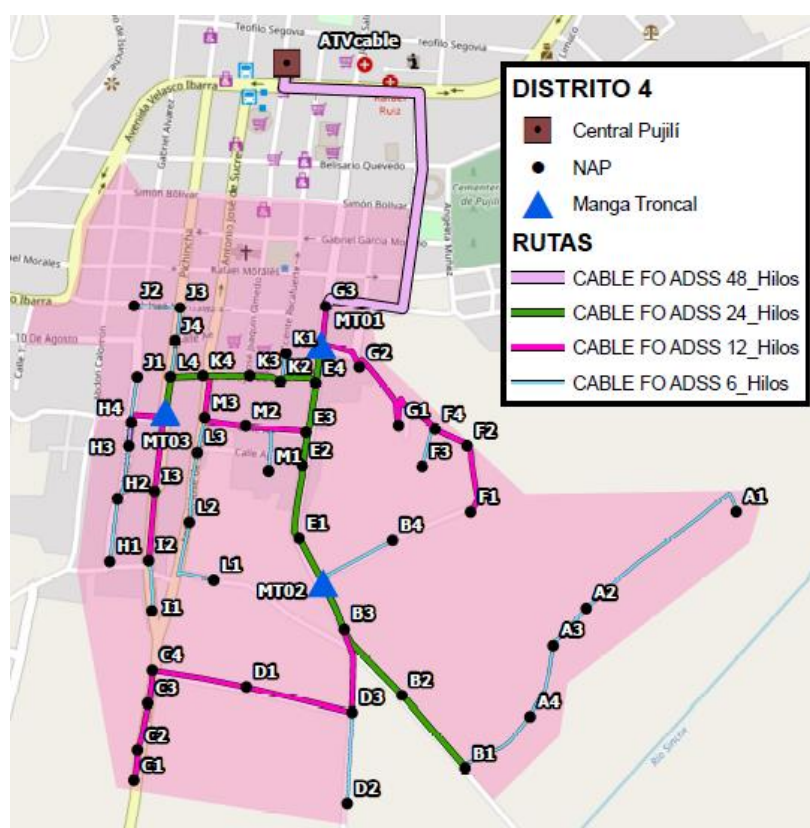
Coordenadas georreferenciadas de la ubicación de cajas de distribución y mangas troncales del distrito

3. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

#### 3.2.2.4 Distrito 4

Para la tercera ruta de acceso se estima recorrer una distancia aproximada de 3,70 km desde la central hacia el primer nodo secundario cubriendo un área de  $1100 \text{ km}^2$ , para satisfacer la demanda existente en la zona se requiere la instalación de 50 cajas de distribución, 13 series de NAP's que se distribuirán por una ruta principal de 24 hilos, 2 rutas secundarias de 12 hilos y 7 rutas derivadas de 6 hilos como se observa en la figura 3.8.

Figura 3.8. Cobertura Distrito 4



Distribución de rutas y NAP's del distrito 3. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Tabla 3.14. Ubicación georreferenciada del distrito 4

Ubicación	
<b>Oficina Central</b>	Av. Velasco Ibarra y José Joaquín de Olmedo.
<b>Ruta Final</b>	Av. Juan Salinas

Definido el área de cobertura y las rutas de acceso del distrito 4 se considera necesario los siguientes elementos detallados en la tabla 3.15 y 3.16 para la implementación de la red GPON para la empresa ATVCable en la ciudad de Pujilí.

Tabla 3.15. Materiales de construcción

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Fibra Óptica ADSS G.652.D	8000	m
Cajas de distribución externa	50	u
Splitter 1:4	13	u
Splitter 1:16	50	u
Mangas de empalme 6 puertos	3	u
Cable Droop G657, 2 hilos	4000	m
Roseta Óptica	832	u
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	832	u
ONT	832	u

Tabla 3.16. Elementos de Herrajería necesarios

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de Retención (tipo A)	165	u
Herrajes de Suspensión (tipo B)	45	u
Preformado Helicoidal	400	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	10	u
Hebilla Ban-dit de $\frac{1}{2}$	10	u
Cinta acerada $\frac{3}{4}$	80	u
Cinta acerada $\frac{1}{2}$	80	u

La ubicación de los divisores ópticos de primer y segundo nivel se ha proyectado colocarlos en puntos estratégicos detallados en la tabla 3.17, considerando la densidad poblacional de la zona para cubrir con el mayor número de usuarios que requieren del servicio.

Tabla 3.17. Distribución de NAP's y mangas de empalme

UBICACIÓN DISTRITO 4				
Cajas de distribución			Coordenadas	
N ° de caja	Splitter	Dirección	Latitud	Longitud
A	1:16	Av. Juan Salinas	0°57'59''S	78°41'28'' W
B	1:16	Av. Juan Salinas	0°57'52''S	78°41'40'' W
C	1:16	Calle Antonio José de Sucre	0°58'01''S	78°41'55'' W
D	1:16	Parque Ecológico	0°57'57''S	78°41'46'' W
E	1:16	Av. Juan Salinas	0°57'41''S	78°41'43'' W
F	1:16	Av. Juan Salinas y Río	0°57'39''S	78°41'33'' W
G	1:16	Av. Juan Salinas	0°57'35''S	78°41'39'' W
H	1:16	Av. Pichincha y Planetaseo	0°57'48''S	78°41'54'' W
I	1:16	Av. Gabriela Álvarez	0°57'41''S	78°41'55'' W
J	1:16	Av. Pichincha	0°57'32''S	78°41'52'' W
K	1:16	Calle Antonio José de Sucre y calle A	0°57'49''S	78°41'50'' W
L	1:16	Urbanización Choferes	0°57'42''S	78°41'45'' W
M	1:16	Calle Marcelo Arroyo y Vicente Rocafuerte	0°57'33''S	78°41'44'' W
Mangas Troncales			Coordenadas	
Manga Troncal	N ° de Splitter 1:4	Dirección	Latitud	Longitud
1	4	Av. Juan Salinas	0°57'50''S	78°41'41'' W
2	3	Av. Juan Salinas	0°57'34''S	78°41'42'' W
3	6	Av. Pichincha y Modesto Villavicencio	0°57'37''S	78°41'53'' W

Coordenadas georreferenciadas de la ubicación de cajas de distribución y mangas troncales del distrito

4. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

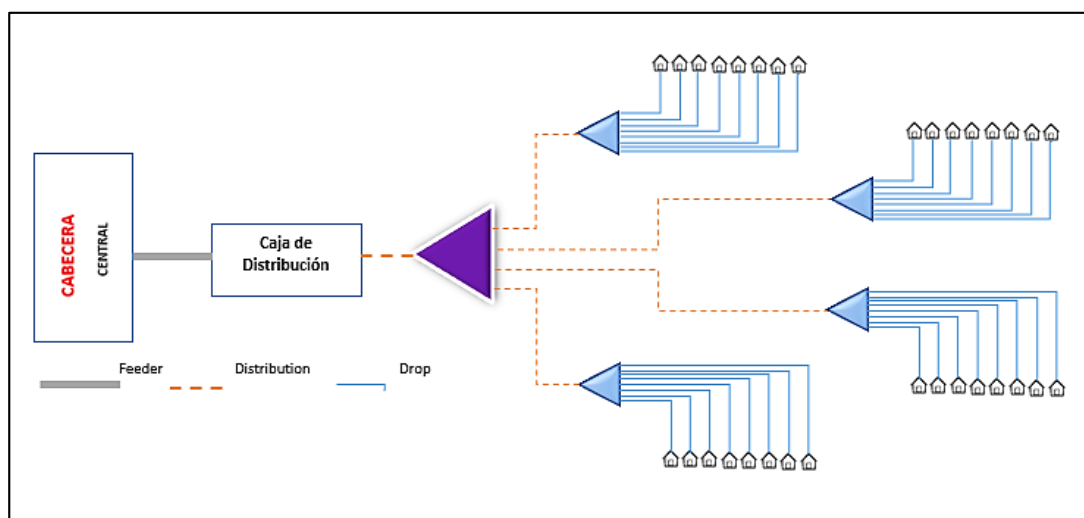
### 3.2.3 Diagrama Físico de la Red

Luego del análisis del área de estudio, establecimiento de rutas, puntos referenciales de cajas de distribución y mangas de empalme diseñadas, se ha definido que la topología más apropiada para el diseño de la red GPON en la ciudad de Pujilí es punto a multipunto entre el ODF y las ONT's, la figura 3.9 representa la distribución óptica que mantiene una relación 1:4 de primer nivel conectado a un puerto del equipo ODF

(48 puertos) y una relación 1:16 de segundo nivel ubicado dentro de las NAP's en los postes, además se ha proyectado dejar hilos de fibra óptica como “backup” para extensiones de red a nuevos clientes.

Para establecer la conexión con el equipo ONT del usuario se ha determinado utilizar fibra óptica Droop G 657.A2 de 2 hilos debido a que este tipo de cable es inmune a ciertos dobles que son provocados al momento de la instalación evitando elevar el índice de atenuación.

Figura 3.9. Esquema del Diagrama Físico de Red para los 4 Distritos

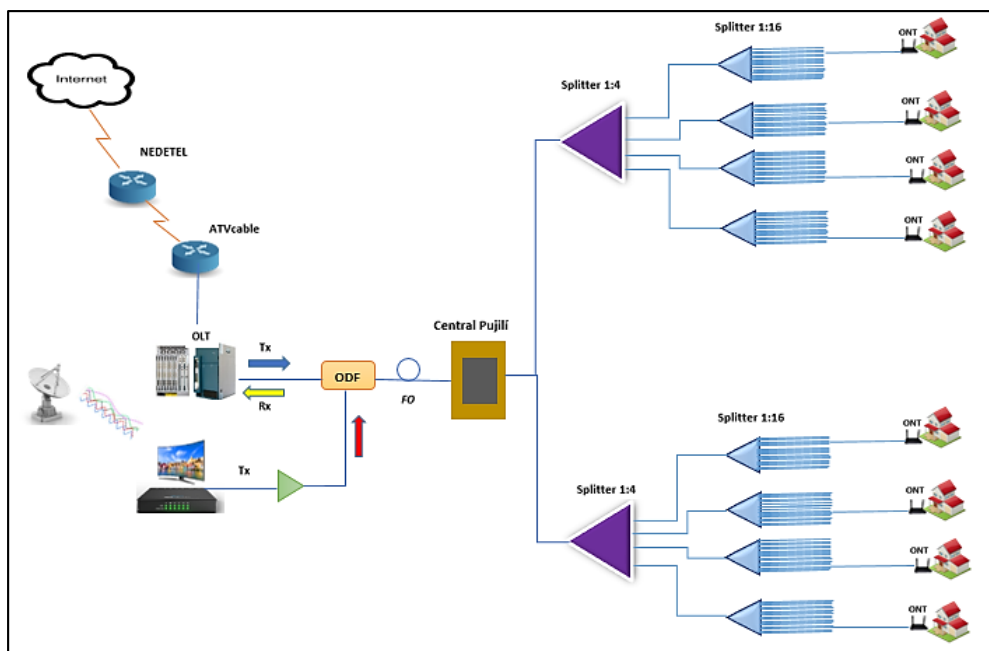


### 3.2.4 Diagrama Lógico de la Red

En la oficina central se tiene antenas parabólicas encargadas de recepcionar las señales análogas de televisión y filtrarlas a través de codificadores y moduladores RF para pasar a un transmisor que se conectará a un EDFA. La conexión internacional de Internet es provista por la empresa Nedetel que entrega el servicio al router principal de distribución ATVCable el mismo que se conectará al equipo OLT, la señal de datos y video se conectarán a un equipo ODF para salir al medio a través del cable FO y establecer conexión con la central de Pujilí, la distribución de hilos de fibra óptica se

realizara a través splitter's de primer y segundo nivel para finalmente establecer la conexión con cada equipo ONT ubicados en el domicilio del suscriptor.

Figura 3.10. Esquema del Diagrama Lógico de Red para los 4 Distritos



### 3.2.5 Planes de servicio de la empresa ATVCable

La empresa ATVCable ofrece a sus usuarios los siguientes planes detallados en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Planes ofertantes de la empresa

Planes	Descripción	Valor
<b>Plan # 1</b>	Internet Ilimitado 10Mbps incluye WIFI	\$ 20,00
<b>Plan # 2</b>	84 canales incluido instalación	\$ 19,50
<b>Plan # 3</b>	Internet Ilimitado 10Mbps incluye WIFI + 84 canales	\$ 36,50
<b>Plan # 4</b>	Internet Ilimitado 20Mbps incluye WIFI + 84 canales	\$ 40,00



### 3.3 CÁLCULOS DE ENLACE

#### 3.3.1 Presupuesto Óptico

Para calcular el valor aproximado de atenuación provocada por las pérdidas de inserción de cada elemento óptico a lo largo del enlace se consideró valores especificados en la norma EIA/TIA 568, recomendación ITU-T G.671, ITU-T G.751, específicas técnicas CNT y valores permitidos por cada fabricante. En las tablas 3.19,3.20,3.21 y 3.22 se puede apreciar los valores máximos permitidos de atenuación por la ODN para cada distrito.

Tabla 3.19. Presupuesto óptico – Distrito 1

PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÁXIMA				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Conectores SC - ITU671 = 0.5dB		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB		3	0,10	0,3
Splitters	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	3,9	0,25	0,98
TOTAL (dB)				24,28
PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÍNIMA				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Conectores SC - ITU671 = 0.5dB		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión- ITU751 = 0.1dB		3	0,10	0,3
Splitters	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	0,48	0,25	0,12
TOTAL (dB)				23,42

Tabla 3.20. Presupuesto óptico – Distrito 2

PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÁXIMA				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Conectores SC - ITU671 = 0.5dB		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB		3	0,10	0,3
Splitters	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	3,6	0,25	0,90
TOTAL (dB)				24,2
PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÍNIMA				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Conectores SC - ITU671 = 0.5dB		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB		3	0,10	0,3
Splitters	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
Fibras longitudes de onda	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	0,56	0,25	0,14
TOTAL (dB)				23,44

Tabla 3.21. Presupuesto óptico – Distrito 3

PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÁXIMA				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Conectores SC - ITU671 = 0.5dB		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB		3	0,10	0,3
Splitters	1 x 4	1	7	7,00

	1 x 16	1	14	14,00
<b>Fibras longitudes de onda</b>	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	3,6	0,25	0,9
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>24,2</b>
<b>PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>Elemento</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Total Att (dB)</b>
<b>Conectores SC - ITU671 = 0.5dB</b>		4	0,50	2,00
<b>Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB</b>		3	0,10	0,3
<b>Splitters</b>	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
<b>Fibras longitudes de onda</b>	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	0,52	0,25	0,13
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>23,43</b>

Tabla 3.22. Presupuesto óptico – Distrito 4

<b>PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>Elemento</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Total Att (dB)</b>
<b>Conectores SC - ITU671 = 0.5dB</b>		4	0,50	2,00
<b>Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB</b>		3	0,10	0,3
<b>Splitters</b>	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
<b>Fibras longitudes de onda</b>	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	3,8	0,25	0,95
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>23,95</b>
<b>PRESUPUESTO ÓPTICO – DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>Elemento</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Total Att (dB)</b>
<b>Conectores SC - ITU671 = 0.5dB</b>		4	0,50	2,00

<b>Empalmes por fusión ITU751 = 0.1dB</b>		3	0,10	0,3
<b>Splitters</b>	1 x 4	1	7	7,00
	1 x 16	1	14	14,00
<b>Fibras longitudes de onda</b>	1310nm		0,35	0,00
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm	0,68	0,25	0,17
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>23,47</b>

Los valores obtenidos varían en el rango de 23 a 25 dB de pérdida valores aceptados por la ODN de categorización B+ restricción que obedece a los umbrales de trabajo de los equipos OLT y ONT para poder operar sobre la red de fibra óptica, se considera importante sumar un margen de seguridad de 3dB de pérdida como parámetro de diseño para garantizar la conexión óptima con la red.

Las especificaciones técnicas de atenuación de los splitters se detallan en el Anexo 11.

### 3.3.2 Relación de División

La relación de splitteo que será tomado en cuenta para el diseño de la red utiliza un nivel de división de 1:32 especificado en el quipo OLT, cada puerto PON tiene velocidades asimétricas de tráfico en sentido ascendente con 1,25 Gbps y descendente de 2,50 Gbps lo que me permite brindar a cada usuario un ancho de banda máximo de:

$$\downarrow 2,50 \text{ Gbps} / 32 = 78,125 \text{ Mbps}$$

$$\uparrow 1,25 \text{ Gbps} / 32 = 39,06 \text{ Mbps}$$

### 3.3.3 Distancia Máxima

Para garantizar una atenuación considerable entre el transmisor y el receptor se debe tomar en consideración la longitud máxima del trayecto que recorre el cable FO, en la ecuación 3.1 se desarrolla el cálculo de distancia máxima.(Castillo Cristina, 2013)

$$L_b = \text{Potencia de Salida OLT} - \text{Sensibilidad del Equipo ONT} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$L_b = 5\text{dB} - (-27) = 32 \text{ dB}$$

$$D = \frac{(Lb - P. \text{conectores} - \text{Pérdidas del Splitter} - \text{Margen Seguridad})}{\text{Pérdidas FO dB/km}}$$

$$D_{\max} = (32\text{dB} - 2\text{dB} - 21\text{dB} - 3\text{dB}) / 0,25$$

$$D_{\max} = 24 \text{ km}$$

La distancia máxima de cable FO no debe sobrepasar los 24 km para que los equipos de red funcionen correctamente.

### 3.3.4 Cálculo de Atenuación

Para el cálculo de atenuación se tomó como referencia la distancia de 3.9 km para la distancia más lejana y 0.48km para la más cercana, las pérdidas por longitud de onda se especifican en el apartado 3.3.1. Los resultados se muestran en la tabla 3.23.

Tabla 3.23. Cálculos de atenuación

<b>Abonado lejano</b>	<b>Abonado cercano</b>
Para 1310nm= 3.9km *0.35dB/km =1.365dB	Para 1310nm= 0.48km *0.35dB/km =0.168dB
Para 1550nm= 3.9km *0.25dB/km =0.975dB	Para 1550nm= 0.48km *0.25dB/km =0.12dB
Para 1490nm = 3.9km *0.30dB/km =1.17dB	Para 1490nm = 0.48km *0.30dB/km =0.144dB

### 3.4 EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

Los equipos detallados en la tabla 3.24 cumplen con los parámetros técnicos necesarios para el despliegue de red y funcionamiento óptimo del sistema, para seleccionarlos se realizó un análisis comparativo considerando parámetros como costo, compatibilidad, especificaciones técnicas y servicios ofertantes. Para el análisis comparativo de los equipos revisar el anexo 12.

Tabla 3.24. Características principales de los equipos seleccionados

EQUIPO	CARÁCTERÍSTICAS	
<b>OLT ZTE ZXA10 C320</b>	<b>Marca:</b> ZTE ZXA10 C320 <b>Capacidad Gigabit Ethernet:</b> 32 puertos <b>Relación de División Óptica:</b> 1:128 <b>Distancia:</b> 20km <b>Potencia del transceptor:</b> Clase B+, C++ <b>Compatibilidad:</b> Todo tipo de ONU <b>Sensibilidad:</b> -28dBm <b>Potencia de Tx:</b> +5dBm <b>Velocidad de Transmisión:</b> Upstream 1,25 Gbps, Downstream 2,50 Gbps. <b>Banda:</b> Ventanas de 1310nm y 1490 nm. <b>Servicios:</b> IPTV, VoIP, VPN, HSI, QoS.	
<b>AMPLIFICADOR EDFA 1550</b>	<b>Marca:</b> Aldeashop <b>Puertos Uplink:</b> 32	<b>Potencia puerto:</b> 6 a 23 dBm <b>Multiplexación:</b> WDM
<b>ONT TENDA F3</b>	<b>Marca:</b> Qualfiber/OEM <b>Puertos:</b> 1 PON los puertos (2,5G), 1 puerto de 10/100/1000M, 1 WLAN puerto, 1 CATV puerto. <b>Sensibilidad y Banda:</b> -27dBm, opera en la banda de 1550nm. <b>Longitud de onda salida:</b> 1310/1490 nm <b>Velocidad de Datos:</b> Hasta 300Mbps <b>Protocolos y Servicios</b> PPPoE, StaticIP, PPTP, DHCP, QoS.	

### 3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para establecer la viabilidad técnica de la propuesta, así como el tiempo de recuperación del capital a invertir, se define el siguiente estudio de factibilidad económica en el despliegue de red GPON de los 4 distritos para la ciudad de Pujilí se tomó en consideración los siguientes costos, detallados en la tabla 3.25, 3.26, 3.27.

Tabla 3.25. Costo Activos Fijos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OLT ZTE ZXA10 C320	2	\$ 5400,00	\$ 10.800,00
AMPLIFICADOR EDFA 1550	2	\$ 4500,00	\$ 9.000,00
ODF CAN – FPP – 200	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
ONT TENDA F3	2752	\$ 70,00	\$ 192.640,00
RACK	2	\$ 250,00	\$ 500,00
		<b>SUBTOTAL</b>	\$ 213.940,00
		<b>IVA 12%</b>	\$ 25.672,80
		<b>TOTAL</b>	\$ 239.612,80

Tabla 3.26. Costo Materiales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cable FO monomodo ADSS G652D 48 hilos marca Fiberhome	4	\$ 6.000,00	\$ 24.000,00
Cable FO monomodo ADSS G652D 24 hilos marca Fiberhome	3	\$ 5.000,00	\$ 15.000,00
Cable FO monomodo ADSS G652D 12 hilos marca Fiberhome	4	\$ 4.000,00	\$ 16.000,00
Cable de fibra óptica monomodo ADSS G652D 6 hilos marca Fiberhome	3	\$ 4.000,00	\$ 12.000,00
Cable Droop G657. A1 2 hilos marca	4	\$ 220,00	\$ 880,00
Cajas de distribución externa	180	\$ 60,00	\$ 10.800,00

Splitter 1:4 SC/APC	60	\$ 13,00	\$ 780,00
Splitter 1:16 SC/APC	180	\$ 23,00	\$ 4.140,00
Mangas de empalme 6 puertos	12	\$ 70	\$ 840,00
Herrajes de Retención (tipo A)	580	\$ 5,00	\$ 2.900,00
Herrajes de Suspensión (tipo B)	160	\$ 4,50	\$ 720,00
		<b>SUBTOTAL</b>	\$ 88.060,00
		<b>IVA</b>	\$ 10.567,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 98.627,20

Tabla 3.27. Costo Total del Proyecto

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Costo Activos Fijos	\$ 239.612,80
Costo Materiales	\$ 98.627,20
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 338.240,00</b>

Para ejecutar la implementación de la red GPON en la ciudad de Pujilí se estima una inversión de aproximadamente \$ 338.240,00, se debe considerar que el valor total puede variar debido a costos por instalación, mantenimiento y mano de obra aplicados por la empresa ATVcable.

### 3.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto calculado en el presente proyecto indica el incremento en el flujo de fondos que tendrá la empresa ATVcable por los próximos 6 años. Si se considera una inversión inicial de \$ 338.240,00 y una tasa de descuento del 14%, se obtiene el siguiente VAN.

En la ecuación 3.2 se desarrolla el cálculo para determinar el VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^{10} \left[ \frac{FC_t}{(1+i)^i} \right] \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

$FC_t$  = Flujo de caja al año



**i** = Tasa de rentabilidad de la empresa

**t** = Tiempo de vida del proyecto 10 años

**I<sub>0</sub>** = Inversion Inicial

$$VAN = -338.240,00 + \frac{478.766,53}{1 + 0,14}$$

$$VAN = 81.730,64$$

El resultado que se obtiene del VAN es positivo lo que indica que a partir del tercer año la empresa empezará a generar ganancias y recuperar el capital invertido considerando un proyecto viable.

### **3.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Se determina la tasa de interés máxima que puede llegar a tener la empresa para definir si la inversión del proyecto es viable para lo cual se emplea la ecuación 3.3.(Guerrero, 2017)

$$TIR = \frac{-I_0 + F_e}{I_0} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

**I<sub>0</sub>** = Inversión inicial

**F<sub>e</sub>** = Flujo de caja

$$TIR = \frac{-338.240,00 + 478.766,53}{478.766,53}$$

$$TIR = 0.293517 = 29,35\%$$

$$29,35\% > 14\%$$

El TIR obtenido es mayor a la tasa de descuento lo que nos indica que el proyecto sería rentable.

### 3.5.3 Recuperación del capital (PCR)

Determina el tiempo de recuperación del capital invertido por la empresa ATVcable, para lo cual se emplea la ecuación 3.4. (Guerrero, 2017)

$$PCR = I_0/F_e \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

$I_0$  = Inversión inicial

$F_e$  = Flujo de caja

$$PCR = 338.240,00/478.766,53$$

$$PCR = 0,7064 = 1$$

Con el resultado obtenido se puede deducir que el tiempo necesario para que el proyecto empiece a generar ingresos que permitan recuperar la inversión es de 3 años y 1 mes con lo que se puede determinar que el presente proyecto tiene viabilidad para su implementación con una durabilidad de 10 años.

## CAPÍTULO IV

### SIMULACIÓN DE LA RED GPON

Para la simulación de la capa física de la red GPON se utilizó el software Optsim el cual permite diseñar y simular sistemas de comunicaciones ópticas evaluando el desempeño de propagación de las señales, cuenta con una interfaz gráfica fácil de manejar y herramientas que se asemejan a instrumentos de medición de laboratorio. Cada ícono cumple con una función específica entre ellos tenemos elementos ópticos, optoelectrónicos y electrónicos utilizados de acuerdo a la necesidad del usuario. Además, ofrece un ambiente de trabajo con Matlab para generar modelos que requieran co - simulación.

Figura 4.1. Interfaz Gráfica del software Optsim

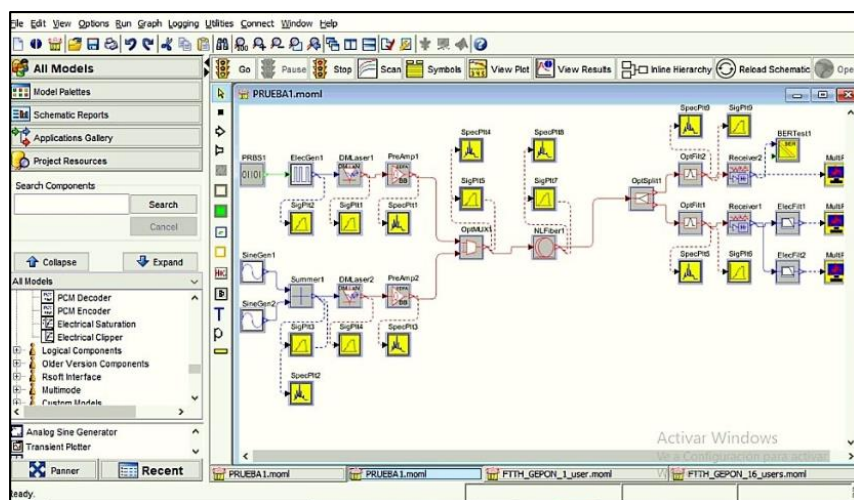


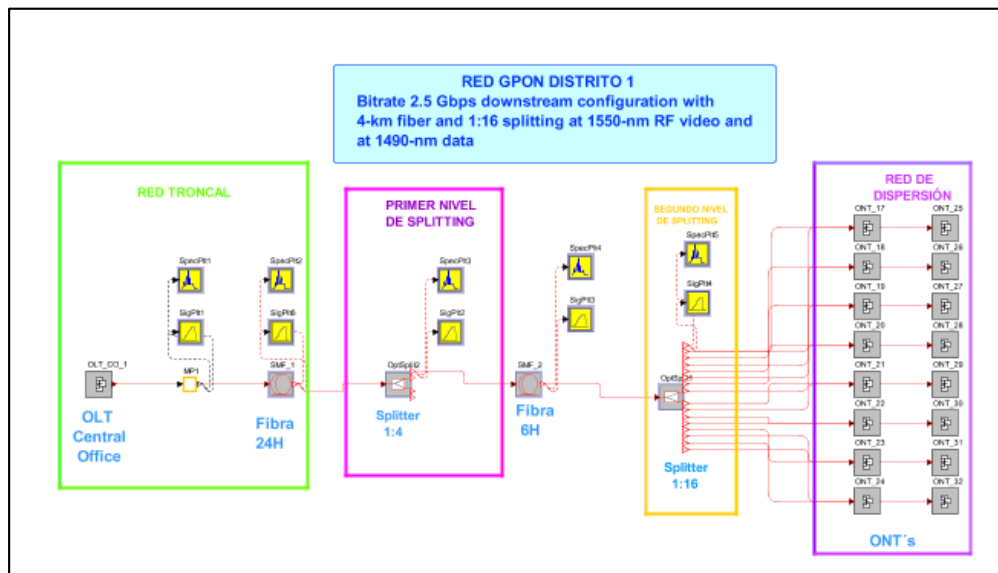
Diagrama de bloques en el software Optsim. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Para el desarrollo de la simulación se tomó en consideración el diseño del distrito 1 debido a que presenta una mayor demanda de usuarios, para la configuración del software se utilizó parámetros recomendados en la UIT-T G.984.2 de la capa dependiente de los medios físicos y se especificó el rango de trabajo adecuado para los niveles de potencia óptica en la ODN ingresando valores de umbral máximos requeridos para el bloque OLT de +5dBm y para la ONU de -27dBm.(ITU-T G689.2, 2003)

## 4.1 Enlace Downstream

En la figura 4.2 se aprecia los tramos de red desde la OLT hacia la ONT de la caja de distribución más lejana de la RED GPON del Distrito 1 de la ciudad de Pujilí, para observar el diagrama de la red completa revisar el Anexo 14.

Figura 4.2. Bloque de enlace Downstream

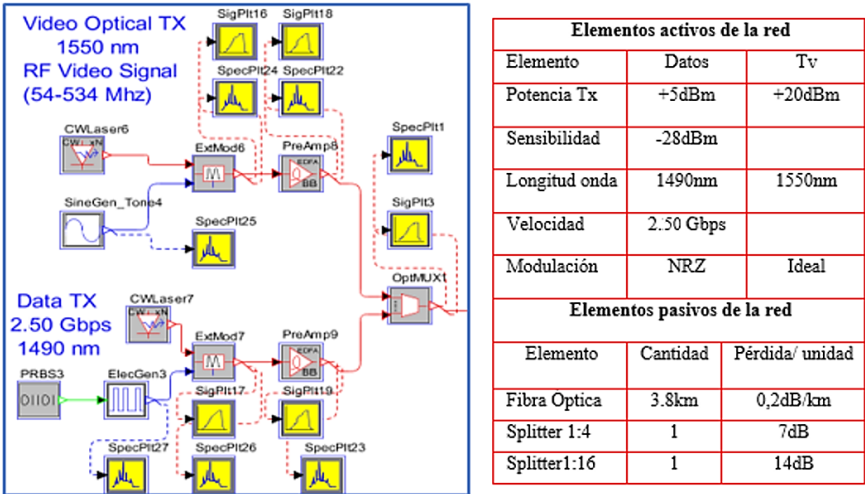


Diseño de la red troncal, dos niveles de splitteo y la red de dispersión del Distrito 1. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

### 4.1.1 Transmisor Óptico

La figura 4.3 muestra los elementos que conforma el bloque transmisor, para formar la señal de datos empleamos un generador binario PRBS (conexión lógica = enlace verde) que transmite la señal pseudoaleatoria hacia un generador eléctrico, adicional se empleó un láser CW (conexión óptica = enlace rojo) que maneja valores de potencia entre los +5dBm a los +9dBm. Para la señal de televisión se utilizó un generador analógico (conexión eléctrica = enlace azul) que contiene los 80 canales en modo aperiódico con un ancho de banda de 54 a 534 MHz y una separación entre canales de 6 MHz, las 2 señales se unen a través de un multiplexor multibanda para ser transmitidas.

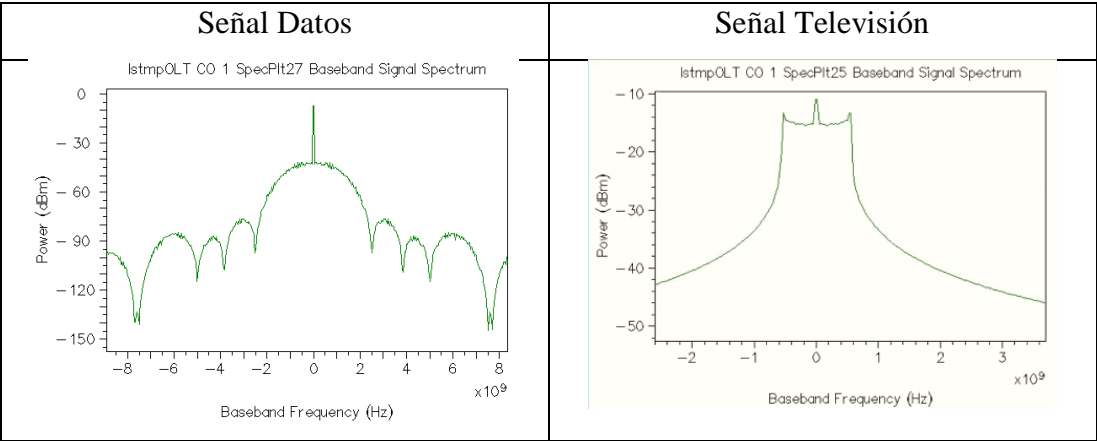
Figura 4.3. Diagrama del transmisor construido



Configuración de parámetros en el software Optsim. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

Posteriormente, en la figura 4.4 se puede visualizar el espectro de la señal de televisión y datos con sus respectivos lóbulos en 2.5 Gbps antes de ingresar al láser.

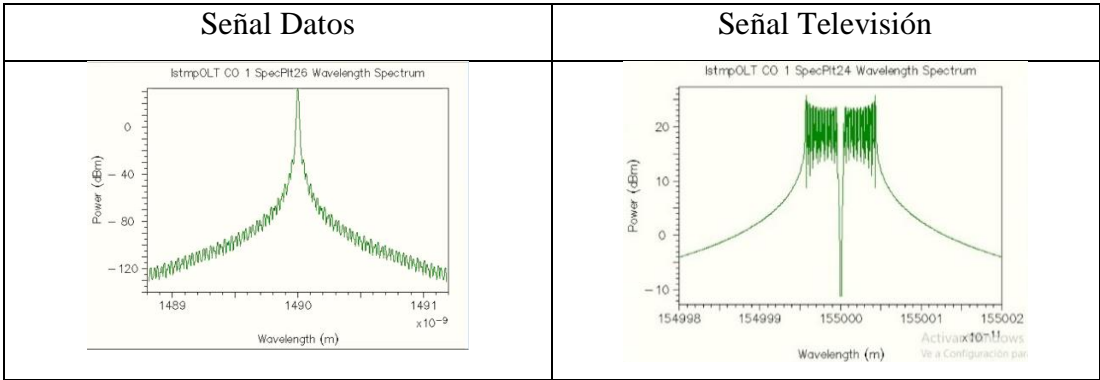
Figura 4.4. Espectro de las señales de datos y televisión



Espectro de las señales antes de ingresar al láser. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

En la figura 4.5 se puede observar el espectro de la señal de televisión y datos después de ingresar al láser centradas con una longitud de onda 1550nm y 1490nm respectivamente.

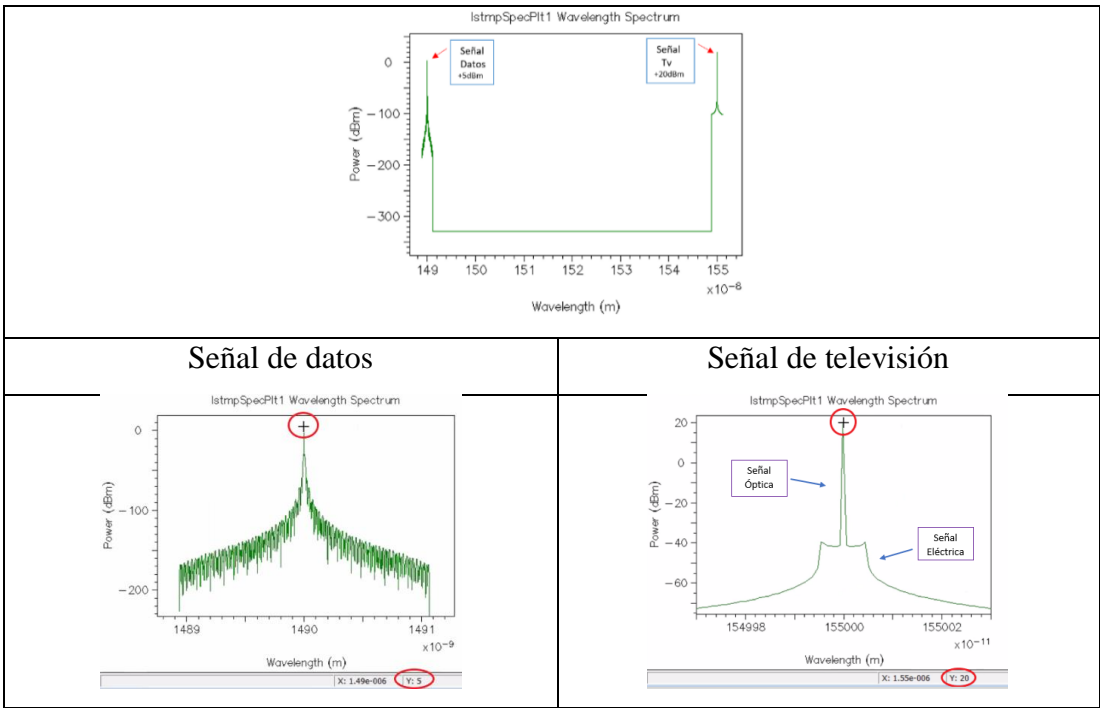
Figura 4.5. Espectro de las señales de datos y televisión



Espectro de las señales al salir del láser. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

En la figura 4.6 se puede apreciar el espectro de las dos señales combinadas al salir del multiplexor multibanda, cada señal centrada en su respectiva longitud de onda.

Figura 4.6. Espectro combinado de las dos señales



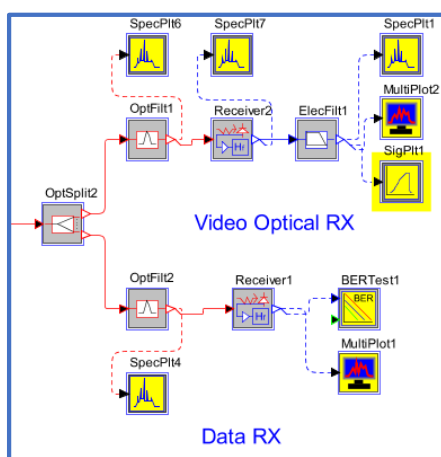
Nivel de potencia de las dos señales al salir del multiplexor. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

Las marcas de color rojo representan el valor de potencia máxima de transmisión, para la señal de datos +5dBm y para la señal de televisión +20dBm.

### 4.1.2 Receptor Óptico

La figura 4.7 muestra los elementos que conforma el bloque receptor, para obtener la señal de datos y televisión se empleó un splitter 1:2 para dividir la señal, un filtro óptico de tipo Gaussiano y un receptor óptico para una potencia de entrada de -27dBm. En el receptor óptico se empleó un photodetector de  $1.0 \times 10^{-6}$  A, un preamplificador con una resistencia de  $20000\Omega$  y un filtro LPbessel con una banda de  $2.5 \times 10^9$  de orden 4.

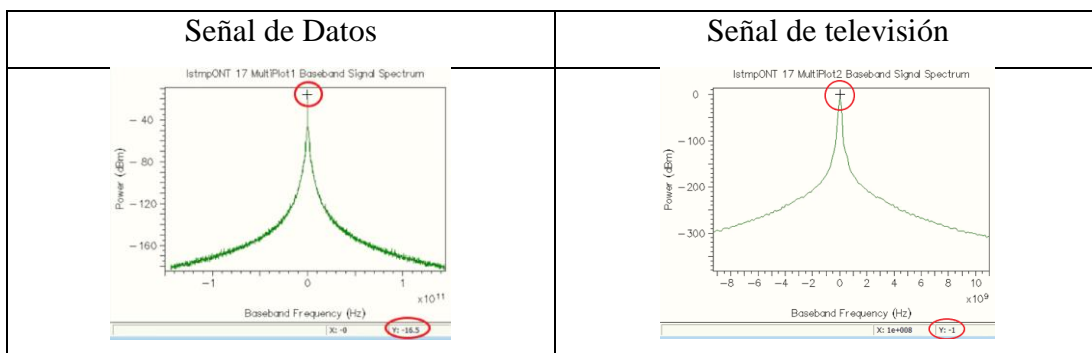
Figura 4.7. Diagrama del receptor construido



Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

A continuación, en la figura 4.8 se puede observar los valores óptimos de potencia con que llega la señal hacia la ONT tanto para datos como para televisión.

Figura 4.8. Espectro de las señales en el receptor



Nivel de potencia de las dos señales en el receptor. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

Las marcas de color rojo representan los valores de potencia óptimos que varían en el rango de -16dBm a -20dBm para datos y de -3dBm a +1dBm para la señal de televisión, en la práctica se debe considerar que los valores varían conforme se vaya aumentando pérdidas en el enlace. Para revisar el cálculo de potencia revisa Anexo 18.

En la figura 4.9 se visualizar el diagrama de ojo que a simple vista se puede apreciar que la señal no presenta perturbaciones en las distintas zonas, presenta un cruce de amplitud en aproximadamente 0,4 V considerándose un enlace óptimo, además se obtiene un BER de un valor correspondiente a  $3,9355 \times 10^{-12}$  que indica que la señal está trabajando de manera correcta para la velocidad requerida.

Figura 4.9. Espectro de las señales en el receptor

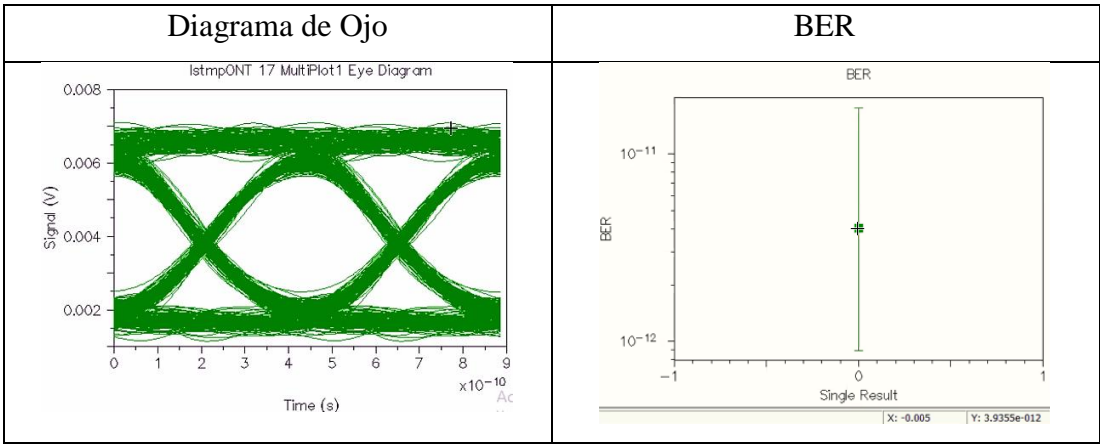


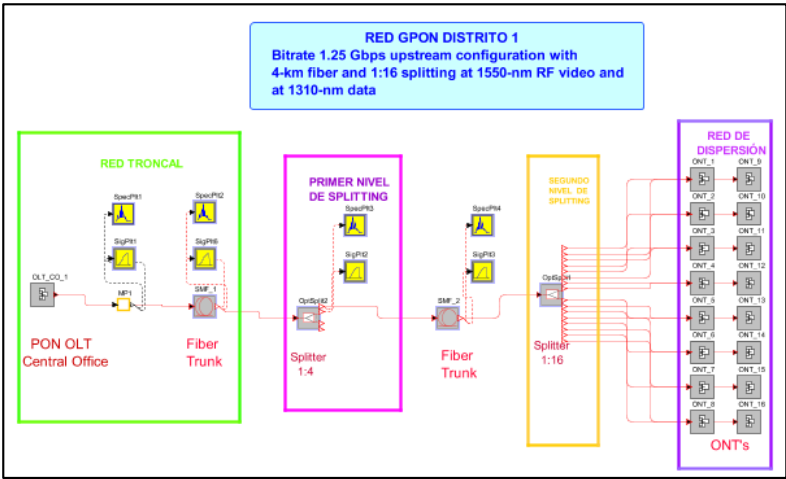
Diagrama de Ojo y BER de la señal de datos. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

## 4.2 Enlace Upstream

Para el enlace de subida se consideró los mismos parámetros configurados en el apartado 4.1.1 y 4.1.2 para el transmisor y receptor respectivamente con la diferencia que este enlace trabaja en la longitud de onda de 1310nm con un bit rate de 1,25Gbps.



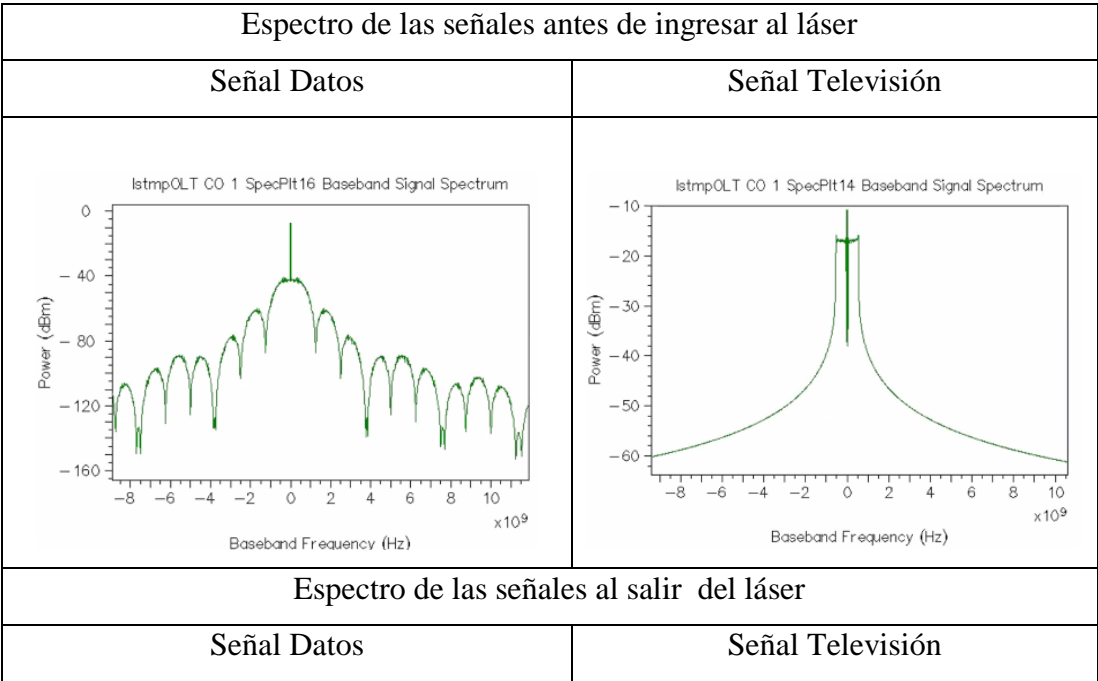
Figura 4.10. Bloque de enlace Upstream

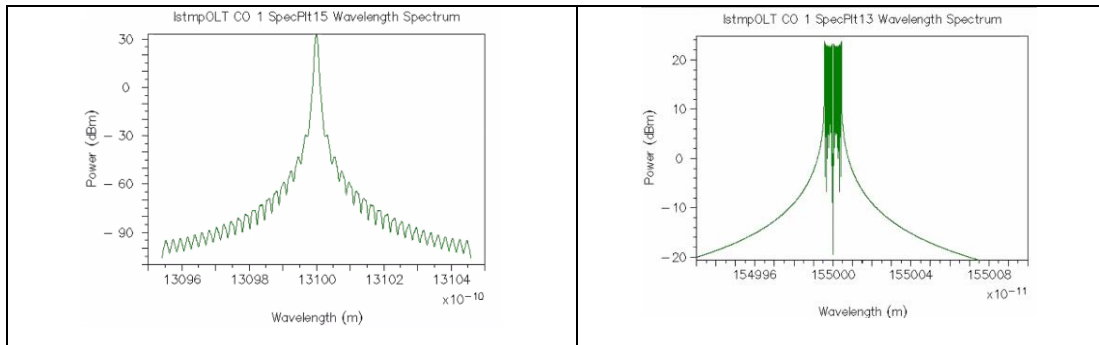


Diseño del enlace upstream del Distrito 1. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña.

En la figura 4.11 se puede visualizar el espectro de la señal de datos con sus lóbulos respectivos en 1,25Gbps y la señal de televisión antes y después de ingresar al láser.

Figura 4.11. Espectro de las señales de datos y televisión

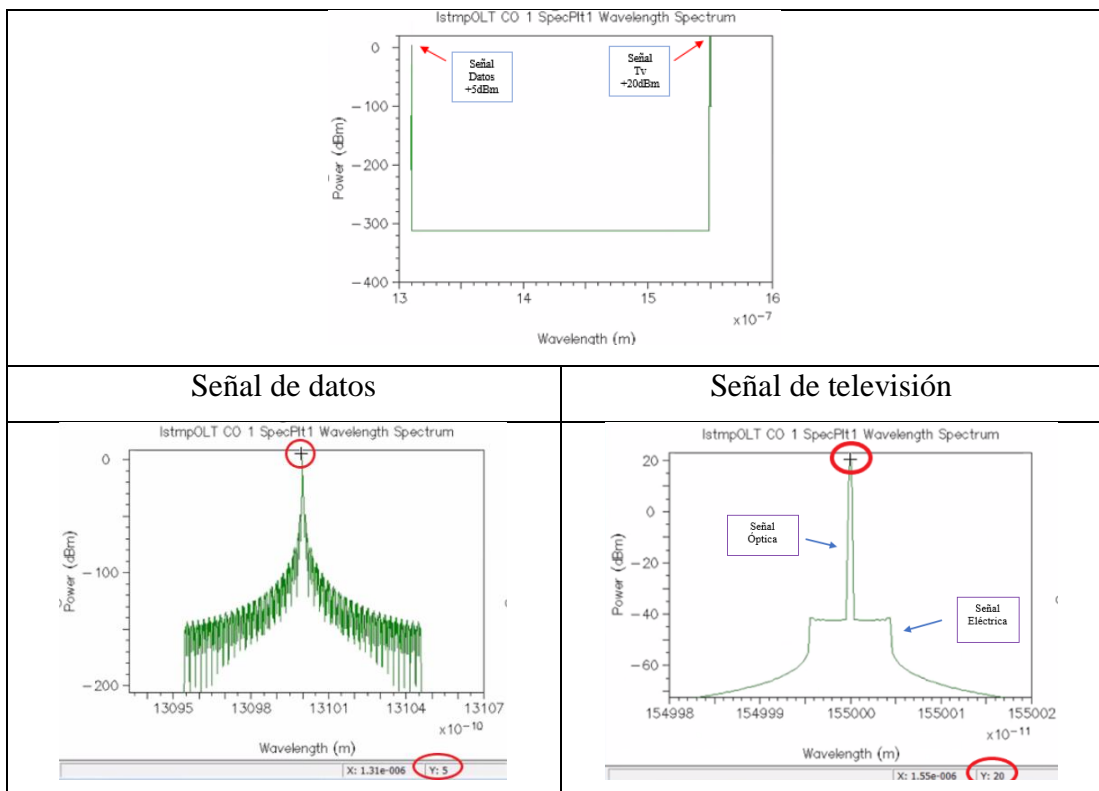




Espectro de las señales antes y después de ingresar al láser. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

En la figura 4.12 se puede apreciar el espectro de las dos señales combinadas, cada señal centrada en su respectiva longitud de onda 1310nm para datos y 1550nm para televisión.

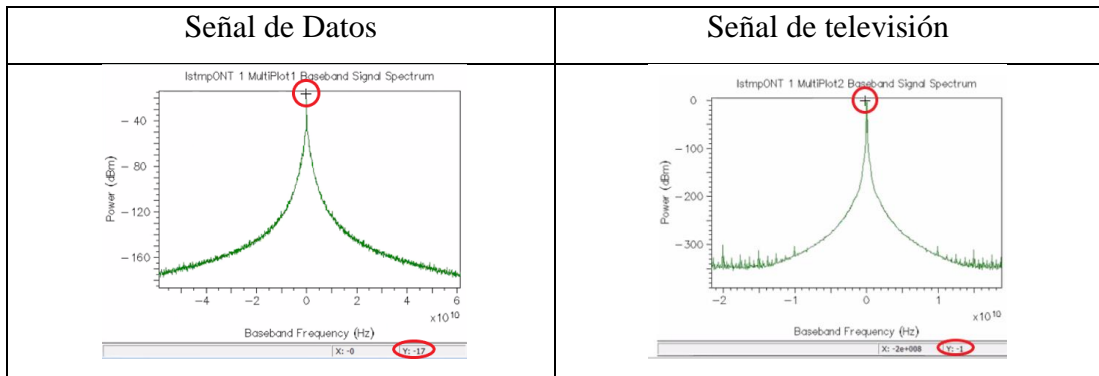
Figura 4.12. Espectro combinado de las dos señales



Convergencia de la señal de datos y televisión. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

A continuación, en la figura 4.13 se puede observar los valores óptimos de potencia permitidos para la transmisión de datos en sentido ascendente.

Figura 4.13. Espectro de las señales en el receptor



Nivel de potencia de las dos señales en el receptor. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

Las marcas de color rojo representan los valores de potencia óptimos que varían en el rango de -16dBm a -20dBm para datos y de -3dBm a +1dBm para la señal de televisión, en la práctica se debe considerar que los valores varían conforme se vaya aumentando pérdidas en el enlace.

En la figura 4.14 se puede apreciar el diagrama de ojo para el enlace upstream que a simple vista se puede apreciar pequeñas perturbaciones en las distintas zonas, presenta un cruce de amplitud en aproximadamente 0,3 V considerándose un enlace óptimo, además se obtiene un BER de un valor correspondiente a  $2,3988 \times 10^{-17}$  que indica que la señal esta trabajando de manera correcta para la velocidad requerida.

Figura 4.14. Espectro de las señales en el receptor

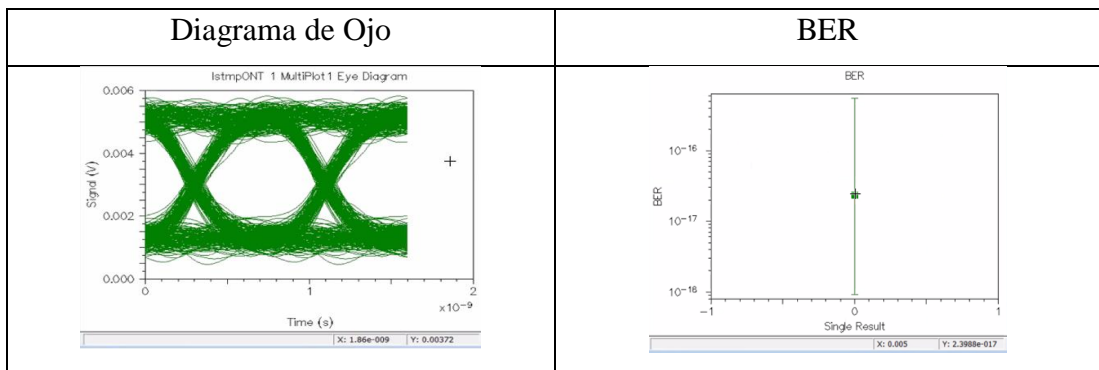


Diagrama de Ojo y BER de la señal de datos. Fuente: Katherin Concha, Valeria Tituaña

## CONCLUSIONES

- El uso del estándar GPON garantiza que la red diseñada permita altas tasas de tráfico a velocidades asimétricas de 2,5 Gbps para downstream y 1,25 Gbps para upstream que no sobrepasen los 20 km de distancia para el modelo físico, manejando cada puerto hasta 78,12 megas downstream y 39,06 megas upstream por usuario.
- El diseño de red presentado, considera la ubicación de las cajas de distribución y mangas troncales en puntos estratégicos para satisfacer la demanda del mayor número de usuarios que requieren del servicio, al igual que las rutas de distribución basadas en la topología punto a multipunto con el fin de cubrir la mayor área posible.
- La simulación de la red GPON en el software Optsim demostró que para la señal de datos en la longitud de onda de 1490nm downstream y 1310nm upstream obtuvo un nivel de potencia entre -16 a -20dBm y para la señal de televisión en 1550nm un nivel de potencia entre -3 a 1 dBm, potencias óptimas para la transmisión de información entre equipos.
- El costo total para la implementación del proyecto sería de \$ 338.240,00 con la ventaja de recuperar el capital invertido a partir del tercer año, aumentando las ganancias de producción con la red activa con una tasa de retorno del 29,35 % y un valor actual neto de \$ 81.730,64, siendo un proyecto viable por parte del ISP\_ATVcable.

## RECOMENDACIONES

- Debido al beneficio que brinda el presente proyecto, se sugiere analizar la posibilidad de expandir la red óptica y el área de cobertura del diseño hacia otros puntos estratégicos y de relevancia para ATVCable como lo son las áreas rurales que rodean el casco urbano de Pujilí y la parroquia Victoria.
- Para la construcción de la red pasiva y activa del presente proyecto se requiere de personal capacitado que manejen sólidos conocimientos sobre medios ópticos con el fin de cumplir con todas las especificaciones técnicas dadas por el fabricante.
- Para garantizar un óptimo desempeño de la red GPON se debe incluir un máximo de “dos niveles de splitteo”, algunas compañías trabajan con 3 niveles, pero no es recomendable debido a que la señal se atenúa aumentando la pérdida de potencia y reduciendo la distancia de transmisión provocando una caída en el servicio.
- Para el correcto funcionamiento de la red se debe mantener un constante monitoreo en el cuarto de equipos, así como en el sistema de transmisión, permitiendo de esta manera brindar confiabilidad del sistema para evitar fallos técnicos.
- En el caso que la empresa ATVCable requiera de la prestación de más servicios que demanden de mayor ancho de banda se puede reutilizar la tecnología GPON adaptándole a la tecnología XG-PON usando transceptores de mayor potencia del tipo N1 y N2a que se adaptan correctamente a los equipos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INEC, M. DE. (2010). *Zona 3 de planificación*.
- ITU-T G689.2. (2003). Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos. *Secciones Digitales y Sistemas Digitales de Línea – Sistemas de Línea Óptica Para Redes de Acceso y Redes Locales*, 40.
- Sugawara, E., & Nikaido, H. (2014). Normas para cableado. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(12), 7250–7257.
- Punnett, L., Vossen, P., Gary Allread, W., & Sheikh, N. N. (2016). Work design and health for hospitality workers. *Ergonomic Workplace Design for Health, Wellness, and Productivity*, 275–298. <https://doi.org/10.1201/9781315374000>
- Sayed, D., & Silva, O. (2018). Simulación de un anillo de red de Transporte de Fibra Óptica comparando los métodos de Multiplexación WDM y UDWM a través del Software OPTSIM. *Escuela Politécnica Nacional*, 244.  
file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/CD-2042.pdf
- Guerrero, R. L. A. (2017). Análisis y diseño de la red FTTH para la urbanización privada Jardines de Amagásí. *Tesis*, 1–100.  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Marchukov, Y. (2011). Desarrollo de una aplicación grafica para el diseño de infraestructuras FTTH. 102.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>
- Paz, J. F. C. (2017). Diseño de una red de acceso GPON para el sector del Centro Histórico del Distrito Metropolitano de Quito. *Tesis*, 1–100.  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Of, D., Prototype, A. M., Vista, F. O. R., Neighborhood, H., Ciu-, F., & Locality, D. A. D. B. (2013). Redes de Ingeniería. *Redes de Ingeniería*. 4(1), 77–84.
- Oñate, P. S. V. (2015). “Estudio y diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología GPON para brindar servicio de voz, video y datos (triple play) a la ciudad de Macas del cantón Morona de la provincia de Morona Santiago.” 3(2), 54–67.
- Oswaldo Carrión Torres -Diego Fernando Cevallos Cuenca, W., & Edgar Ochoa Figueroa, I. (2011). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Facultad De Ingenierías Carrera De Ingeniería Electrónica Autores: Director*.
- Jaya-Riofrío, I. V. (2016). *Diseño De Una Red Pasiva Gpon De Planta Externa Para El Barrio Capelo En La Provincia De Pichincha*. 1–30.  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13129/Caso de Estudio IVAN JAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13129/Caso%20de%20Estudio%20IVAN%20JAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Guevara, S., & Paul, F. (2010). *Escuela Politécnica Nacional Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica Estudio Tecnico De La Red De Comunicaciones Para Brindar Los Servicios De Voz, Internet Y Video Por Demanda De Una Urbanización. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingen.* <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1764/1/CD-2763.pdf>
- Dik, D., Niola, B., & Medina, W. (2015). *Análisis y Diseño de la Migración de la Red Actual de Cobre, en la Ruta 13 de la Central Norte de CNT en la Ciudad de Guayaquil, a una Red de Fibra Óptica* *Análisis y Diseño de la Migración de la Red Actual de Cobre , en la Ruta 13 de la Central Norte de.* September, 2–6.
- Chungandro José & Suasnavas, J. S. C. (2011). Desarrollo de un esquema de calidad de servicio para el proveedor de servicios de internet Efinet-tv. *Tesis*, 1–100. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Castillo Cristina, F. S. (2013). *Determinación de la demanda, dimensionamiento y diseño de una red de servicios de telecomunicaciones, mediante la tecnología de acceso FTTH en el cantón Gualaceo para la empresa CNT EP.* 232.
- Guayaquil Silvana & Miranda Harold. (2006). *Rediseño de la red de television por cable de la empresa ATV CABLE Ltda., para proveer servicios nuevos basados en IP.*
- Agila, R. D. (2019). Diseño De Una Red Gpon Para El Barrio “El Paraíso De Jipiro” Del Cantón Loja, Provincia De Loja, Usando Un Armario F01S300. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–78.
- Prieto, J. (2014). *Diseño De Una Red De Acceso Mediante Fibra Óptica.* 6. [http://oa.upm.es/33869/1/PFC\\_jaime\\_prieto\\_zapardiel.pdf](http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf)
- Espinoza, R. D. V. (2013). *FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES “Diseño de una red de última mil la con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito.”*
- Selmanovic, F., & Skaljo, E. (2010). GPON in telecommunication network. *2010 International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, ICUMT 2010*, 1012–1016. <https://doi.org/10.1109/ICUMT.2010.5676500>
- Villacrés Valverde, J., & Muriel Bonilla, A. G. (2016). *Estudio Y Diseño De Unaredde Planta Externa De Fibra Óptica Gpon Para Proveer Servicios De Voz, Video Y Datos Aplicado a La Ciudad De Alausípara La Cnt Empresa Pública Riobamba.* 1–97. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5462>

**ANEXOS**



## ANEXO 1

### EQUIPOS CENTRAL PRINCIPAL


- *Transmisor óptico*

Características Ópticas			
Performance		Índice	Suplemento
Longitud de Onda ( $\lambda$ )	(nm)	1548~1563	INTX1500BC: Longitud de onda CATV
		1530~1563	INTX1500BU: Longitud de onda ITU
Ancho de línea	(MHz)	$\leq 1$	FWHM( FWHM( $\Delta\lambda$ )
Relación de supresión modo lateral	(dB)	$\geq 45$	SMSR
Relación de extinción	(dB)	$\leq 20$	Xp
Intensidad de ruido equivalente	(dB/Hz)	$\leq -160$	RIN (20 ~ 1000MHz)
Potencia de salida	(dBm)	6	Opcional 3, 10
Perdida en retorno	(dB)	$\geq 55$	
Conector óptico			Opcional FC/APC
Características de RF			
Performance		Índice	Suplemento
Ancho de banda	(MHz)	45-862	
Nivel de entrada	(dBmV)	$20 \pm 2$	MGC
Planicidad	(dB)	$\leq 0,75$	45 ~ 862MHz
Perdida en retorno	(dB)	$> 16$	
Impedancia de entrada	( $\Omega$ )	75	RF/Entrada
Prueba de RF	(dB)	$0 \pm 1$	

Características de RF			
Performance		Índice	Suplemento
Ancho de banda	(MHz)	45-862	
Nivel de entrada	(dBmV)	$20 \pm 2$	MGC
Planicidad	(dB)	$\leq 0,75$	45 ~ 862MHz
Perdida en retorno	(dB)	$> 16$	
Impedancia de entrada	( $\Omega$ )	75	RF/Entrada
Prueba de RF	(dB)	$0 \pm 1$	

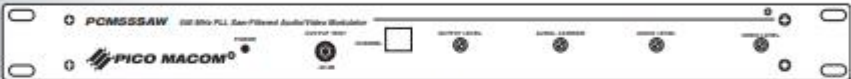
Características Generales			
Performance		Índice	Suplemento
Interface de manejo de red		RJ45, RS232	Suporta I.E. & SNMP
Fuente de alimentación	(V)	90 ~ 265	-48VDC -opcional
Consumo	(W)	$\leq 50$	Single power works
Temperatura de trabajo	(°C)	-5 ~ -65	
Temperatura de almacenaje	(°C)	-40 ~ 85	
Humedad relativa de trabajo	(%)	5 ~ 95	
Dimensiones	(inch )	19 x 10 x 1,75	(W)x(D)x(H)

- *Modulador PCM 55 SAW*

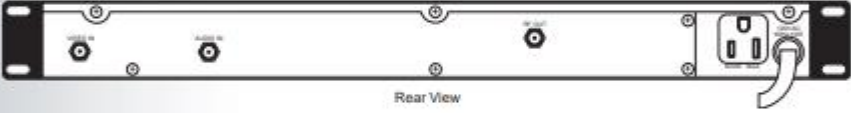


## PCM55SAW

**550MHz Channelized-Agile PLL SAW-filtered A/V Modulator**



Front View



Rear View

### RF

Channels:	90 Channels (CATV T7-T13, 2-78, 95-99)
Frequency Range:	5.75-550 MHz
Output Level:	55 dBV min., 58 dBmV typ. adjustable from front panel
Output Impedance:	75 Ohms
Output Return Loss:	-15 dB
Audio/Video Ratio:	Adjustable -7 to -22 dB below video carrier
Frequency Stability:	±10 KHz (±5 KHz in aeronautical band)
Spurious Output:	-60 dB below video carrier with A/V ratio @ -15 dB
C/N (In-Band):	>62 dB
C/N (Out-of Band):	>65 dB
Rejection:	Fv - 1.5 MHz >-60 dB Fv - 4.5 MHz >-63 dB Fa + 1.5 MHz >-63 dB Fa + 4.5 MHz >-63 dB

### Video

Input Level:	1.0 V p-p for 87.5% mod.
Input Level Range:	0.5 V p-p to 1.5 V p-p
Input Type:	Clamped video neg. sync
Frequency Response:	±1.5 dB, DC to 4.2 MHz
Differential Gain:	<5% (10 to 90% APL)
Differential Phase:	>5° (10 to 90% APL)
Hum and Noise:	-60 dB @ 87.5% modulation
Video Signal to Noise:	-60 dB minimum (weighted)

Meets FCC group delay predistortion correction requirement for color transmission.

### Audio

Frequency Response:	±0.4 dB @ 50 Hz to 15 kHz
Harmonic Distortion:	0.5% @ 50 Hz to 15 kHz
Preemphasis:	75 microseconds
Signal to Noise Ratio:	60 dB
Audio Baseband Impedance:	600 Ohms
Input Level:	0.5V p-p for 25 KHz peak deviation


### General

Power Input:	120 VAC 60 Hz 10W
Operating Temperature:	-10°C to 50°C
Dimensions:	19"(L) x 3"(D) x 1 3/4"(H)
Weight:	3.6 lbs.
Connectors:	*F" Type

### Ordering Information

**PCM55SAW -** Channel

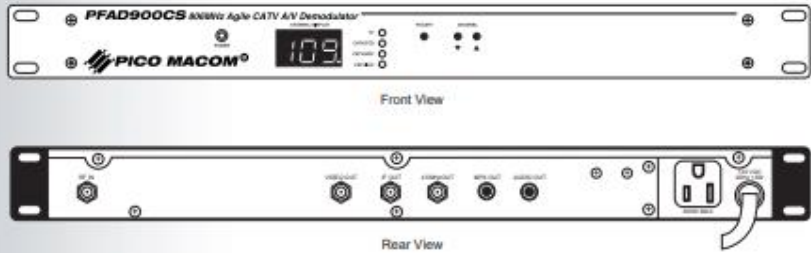
- *Procesador de señales PFAD900CS*



**Product Specifications**

# PFAD900CS

806MHz Agile CATV A/V Demodulator



Front View

Rear View

### RF

**Channels:** 125 Channels (CATV 2 – 125, TV 2-69)  
HRC/IRC offsets

**Input Level:** Single channel +40 dBmV max.  
60 channels +20 dBmV max.

**Image Rejection:** (0 -47 dBmV input) VHF = 70 dB, UHF = 60 dB  
(0 -17 dBmV input) VHF = 60 dB, UHF = 50 dB

**Noise Figure:** VHF = 8 dB, UHF = 8 dB

### Video

**Output Level:** 0.5 to 1 V p-p

**Impedance:** 75 Ohms

**Bandwidth:** DC to 4.2 MHz

**Frequency Response:** ± 1.5 dB

**Differential Gain:** <5% (10 to 90% APL)

**Differential Phase:** <5° (10 to 90% APL)

**Detector Type:** Envelope

**Signal to Noise Ratio:** >60dB minimum

### Audio

**Output Level:** 800 mV min. deemphasized

**Output Impedance:** 600 Ohms

**Frequency Response:** 20 Hz to 15 kHz

**Detection Type:** Quadrature FM

**4.5 MHz Sub-Carrier Output Level:** 35 dBmV

**MPX output level:** 800 mV unbalanced @ 600 Ohms

### General

**Power Input:** 117 VAC 60 Hz

**Operating Temperature:** -10° C to +50° C

**Dimensions:** 19"(L) x 3"(D) x 1 1/4"(H)

**Weight:** 3.8 lbs.

### Ordering Information

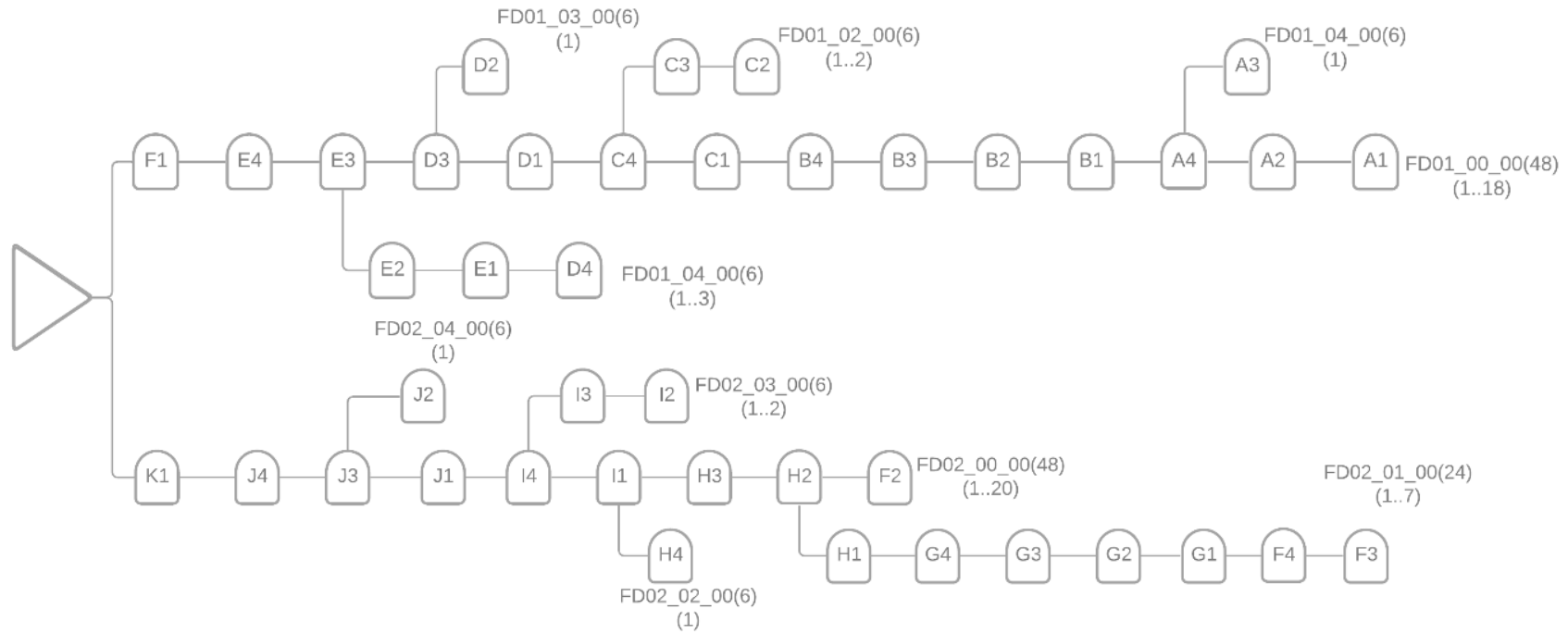
**PFAD-900CS**

- *Antenas satelitales y locales*

Marca	Satélite al que apunta	Diámetro [m]	# de canales
Fabricación Nacional	Panamsat 9	4.5	10
Fabricación Nacional	Panamsat 3	3.5	6
Fabricación Nacional	Satmex 5	3.5	6
Fabricación Nacional	Intelsat 805	3.5	2
Fabricación Nacional	Nahuel 1A	3	2

## ANEXO 2


### DIAGRAMA EN CASCADA



## ANEXO 3

### MIKROTIK CCR – 1072

#### CCR1072-1G-8S+

mt.lv/p/261 

Our flagship router, the CCR1072, is powered by a Tilera 72 core CPU, each core is clocked at 1 GHz, and to fully utilize this power, the CCR1072 is equipped with eight independently connected 10G SFP+ ports.

Thanks to the unique 72 core processor and ports that are directly connected to the CPU, the CCR1072 is capable of over 120 million packets per second throughput.



The unit comes equipped with two removable (hot plug) power supplies for redundancy, smart card slot, eight SFP+ ports and 16 GB of built in ECC RAM.

The CCR1072 also has two built-in M.2 slots, microSD slot and 2x USB ports for adding storage, to use for proxy cache, user manager and other features. The M.2 slots accept 800 mm Key-M x4 PCIe 2.0 modules.

#### Quick specifications

- 1 Gigabit Ethernet port
- 8 SFP+ ports for 10 Gigabit connectivity
- Tilera 72-core CPU, 1 GHz per core, 16 GB RAM
- Up to 120 Mpps throughput in Fast Path mode (wire speed)
- Up to 80 Gbps throughput
- Two built-in M.2 slots, microSD slot and 2x USB
- LCD touch screen
- Two hot swap power supplies for redundancy (two 12POW150 included)
- 1U rackmount enclosure
- PW48V-12V150W can be used as an alternative



## ANEXO 4

### OLT ZTE ZX10 C320

The banner features the ZTE logo on the left, the title 'ZXA10 C320 Datasheet' in large blue font in the center, and a background image of two technicians in orange safety vests working on a telecommunications tower on the right.

With the requirements of communication services increasing, the value-added services (VAS) including 3D network games, video conference/phone, Video on Demand (VoD) and IPTV are key means for operators to provide differential services to attract more subscribers, and gain income growth.

ZTE ZX10 C320, a small size, full-service optical access convergent platform, provides carrier class QoS and reliable network to meet the requirements for small-scale implementation of FTTx services.

A black, rack-mountable optical line terminal (OLT) device with multiple ports and indicator lights on the front panel.

#### Key Features

- Unified platform for GPON, XG-PON1 and P2P
- Small size and compact design, flexible network and fast deployment
- 2U frame with 2 service slots, compatible with ZX10 C300 line cards
- Abundant service support capability: IPTV, VoIP, HSI, VPN, mobile backhaul, etc
- Higher security assurance: ONT authentication, user ID identification, port isolation, address binding, packet filtering, and broadcast packet suppression.
- High reliability: key parts redundancy; support Type B and Type C protection for PON downlink and LACP/ UAPS/STP/ERPS for uplink
- Service differentiation: Comprehensive QoS mechanisms for voice, video and high speed Internet services.
- Support DC input redundancy
- Support AC power supply
- Support 1:1 protection for PON interfaces
- Support 1:1 protection for SW (core card) card
- Support 1588V2 and Synchronous Ethernet
- Support embedded OTDR in SFP

#### Technical Specifications

##### ■ System Architecture

- Capacity
  - GPON up to 32 ports
  - Uplink interfaces up to 4 \*GE (Optical )+2\*GE(Electronic) or 2\*10GE(Optical )+2\*GE(Optical )+2\*GE(Electronic)
- Chassis Configuration (19")
  - Total 5 slots
  - 2 slots for universal line cards
  - 2 slots for switch& control cards
  - 1 slot for fan module
- Subscriber Card Density
  - GPON card: 8/16 ports per card
  - XG-PON1 card: 8 ports per card
  - P2Pcard: 24/48 ports per card





- Uplink interface card
  - 1\*10GE optical port ( Configurable 1\*GE optical port)
  - 1\*GE optical port
  - 1\*10 M/100 M/1000 M electrical Ethernet port
- Common interfaces
  - 1\*environment detecting interface
  - 1\*management interface
  - 1\*maintenance serial interface

## ■ PON Features

- GPON compliant with ITU G.984.x
- P2P compliant with ITU G.985/G.986
- XG-PON1 compliant with ITU G.987.x and G.988
- Support 1:128 optical split ratio for xPON
- Support OLS (Optical Laser Supervising )
- Max logical reach: 60km
- Max physical reach: 20km
- Max link difference: 20km
- High-efficient DBA: NSR-DBA,SR-DBA
- Synchronous Ethernet
- GPON Transceiver power: Class B+ or class C+
- XG PON1 Transceiver power: Class N1 and N2a
- Type B and type C optical uplink protection
- Support FEC
- Support AES128
- Support SCB
- GPON MCM(Multi-Copy Multicast)
- Support 1550nm for third party CATV broadcasting

## ■ L2/L3 Features

- 4K VLAN
- 1:1/N:1 VLAN
- 802.1ad, SVLAN, Selective QinQ, VLAN stacking
- Line-rate forwarding
- STP/RSTP/MSTP compliant to IEEE 802.1d/802.1w/802.1s
- UAPS/EAPS/LACP protection
- Link aggregation IEEE 802.3ad
- L3 routing:
  - 12K IPv4 routing forwarding entries
  - IPv4 and IPv6 statistic routing
- Multicast – IPTV
  - 1K Multicast groups
  - IGMP Snooping and proxy (v1/v2/3)
  - MLD V1/ V2, snooping/proxy
  - MVLAN: 256
  - Channel Access Control (CAC), Preview (PRV) and Call Detail Record (CDR) for IPTV
  - Less than 50ms channel zapping delay
- QoS
  - 8 queues per port
  - Queue & scheduling mechanism: SP, WRR, SP+WRR
  - IPv4 DSCP Diffserv
  - Stream classification, rate limiting, shaping and priority setting

# ZXA10 C320 Datasheet



- Traffic statistics
- WRED and triple color
- SLA: CIR, PIR, EIR

## ■ Security

- L2- L4 ACL
- IP and MAC source guard
- Resistance against DOS attacks
- MAC/IP anti-spoofing (MAC binding, IP binding, DHCP snooping)
- Anti-flooding: broadcast packet suppression, IGMP packet suppression, DHCP packet suppression
- MAC address number limit based on VLAN or GEM-port
- Port mirroring
- User port identification such as PPPOE+ and DHCP Option 82

## ■ O&M

- Operator security, Multi-privileged operator, SSH, FTP/TFTP, ACL
- Management protocol and interface: CLI, Telnet, SNMP V1/V2C/V3, MIBII
- Remote firmware download and upgrade
- Environment detecting, control and alarm

## ■ Environment

- Operating temperature: -40° C ~65° C
- Operating humidity: 5% ~ 95%
- Air pressure: 70 kPa - 106 kPa

## ■ Power Supply

- DC: -48V+/-20%, -60V+/-20%;
- AC: 100V~240V

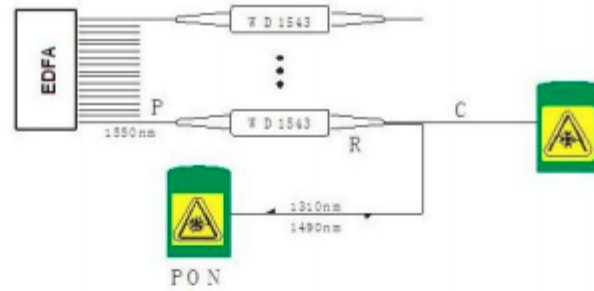
## ■ Dimensions

- 86.1mm (H) \* 482.6mm (W) \* 270mm (D)  
(19 inch shelf)
- 2200 mm (H) x 600 mm (W) x 300 mm ((D)  
(Rack)
- 1035 mm(H) x 770 mm(W) x 460 mm(D)  
(Outdoor Cabinet)



## ANEXO 5

### AMPLIFICADOR EDFA 1550



#### 3 Modules main technical indexes

Model	
Item	
Operating wavelength (nm)	1545~1555
Input optical power(dBm)	-10~+10
Nominal input optical power (dBm)	+3
Noise figure (dB) (+3 dBm,@1550nm)	5.0~6.0
Gain flatness(dB)	<±0.3
Stability of output optical power (dB)	<±0.5
Polarization sensitivity (dB)	<0.2
Polarization modal dispersion (ps)	<0.5
Optical connector(IN/OUT)	SC/APC, SC/PC
Pump work quantity (N)	4
Saturated output power (dBm)	According order demands
Power supplies (Vac)	115~265(draw-out plug)
Power supplies (Vdc)	48(draw-out plug)—optional

Operating temperature (°C)	0~50
Size (mm)	88×482.6×387
WDM-PON with optical path	
PON port operating wavelength (nm)	1310/1490
PON port insertion loss (dB)	<1
1550 port insertion loss (dB)	<0.5

## ANEXO 6

### ODF CAN – FPP – 200

#### Paneles Fibra Patch

#### 1U/2U 19" & Compatible con ETSI

#### Panel Patch de fibra óptica de ángulo de rayos telescópico CAN-FPP-200

##### Resumen

Proporciona la gerencia profesional del cable y previene los problemas de salud que pueden surgir de contacto visual del laser. La estructura angular de las fibras para proporcionar una vista lateral es para alta seguridad láser.

##### Propiedades destacadas

- Versiones 1U y 2U (capacidades de puertos 12, 24, 36 y 48)
- 19" y compatibilidad ETSI
- Gestión de cables profesional y avanzada con interfaz de adaptador de ángulo de 45 grados
- La interfaz del adaptador en ángulo evita el contacto visual con el rayo láser de los adaptadores
- El sistema de bloqueo de clavijas permite que la cara frontal se abra y cierre fácilmente y rápidamente
- Fácil acceso con sistema telescópico
- Los tubos de protección especiales y los protectores de flexión protegen la fibra entrante de la flexión excesiva y dirigen la fibra profesionalmente a los casetes de empalme de diseño especiales
- Casetes de empalme con capacidades de 12 y 24 puertos para almacenamiento y protección profesional de cables
- 100% de compatibilidad con las normas Bellcore GR-326
- Compatibilidad con todos los tipos de conectores (ST, SC, FC, LC, MTRJ, E2000, etc.)

##### Especificaciones técnicas

Dimensiones	1U: 465 mm (A) x 238 mm (P) x 44,45 mm (A)
Material	2U: 465 mm (A) x 238 mm (P) x 88,15 mm (A)
Color	Acero blando
Peso	Revestimiento electrostático en polvo RAL 7035 o RAL 9005
	6 kg (2U), 4 kg (1U)

##### Áreas de aplicación

Aplicaciones FTTX, centro de datos y proyectos LAN y WAN.



Versión 1U



Versión 2U



## ANEXO 7

### ONT TENDA F3

#### Specifications

<b>Hardware Features</b>	
Speed	300Mbps over 2.4GHz band
Standard	IEEE802.11/b/g/n
Interface	1*10/100M auto-negotiation WAN port 3*10/100M auto-negotiation LAN ports
Frequency	2.4GHz
Power Supply	DC 9V 600mA
Power Consumption	1.9W(no load)~3.3W(full-load)
LED Indicator	SYS, WIFI, LAN(1-3), WAN, T, WPS
Button	1*WPS/RESET
<b>Wireless Features</b>	
Antenna	3x5dBi external undetachable antennas
Safety	WPA Algorithm: AES, TKIP, TKIP&AES Wireless Access Control: MAC Address Filtering
System Tools	Network Time, Sys Upgrade, Backup/Restore, Factory Default, Login Password, Sys Logs, Restart.
<b>Software Features</b>	
Sensitivity	802.11b: -89 dBm @ 11 Mbit/s/802.11g: -74 dBm @ 54 Mbit/s/ 802.11n: -72 dBm @ MCS7
DHCP Server	Support
<b>Others</b>	
Dimension	127.4mm*90.5mm*26mm
Operating Temperature	0°C ~ 40°C
Operating Humidity	10% ~ 90% RH Non-condensing
Storage Temperature	-40°C~70°C
Storage Humidity	5% ~ 90% RH Non-condensing
Certification	CE ROHS EAC NOM IC

## ANEXO 8

### ENCUESTA GPON

#### TECNOLOGIA GPON

Encuesta realizada para verificar la aceptación de cambio de tecnología y calidad de servicios brindado por la empresa ATVCable-Pujilí.

1.- ¿Qué servicios posee en su hogar actualmente?

- a) Tv cable ☐
- b) Telefonía ☐
- c) Internet ☐
- d) Ninguna ☐

2.- ¿Considera usted que estos servicios son necesarios para la realización de sus actividades académicas, laborales y sociales?

- a) Si ☐
- b) No ☐

3.- ¿Cuántos miembros de su familia utilizan internet diariamente?

- a) 1-2 personas ☐
- b) 3-4 personas ☐
- c) 5 personas ☐

4.- ¿Cómo evaluaría usted la prestación de servicios por parte de la empresa ATVCable?

- a) Muy buena ☐
- b) Buena ☐
- c) Regular ☐
- d) Mala ☐

5.- ¿Para la conexión a Internet que tipo de tecnología utilizaría?

- a) Inalámbrica ☐
- b) Telefonía Móvil (3G, 4G) ☐
- c) Modem ADSL (línea telefónica) ☐
- d) Fibra óptica ☐

6.- ¿Considera usted que el costo a pagar por los servicios recibidos es?

- a) Muy Alto ☐
- b) Normal ☐
- c) Bajo ☐

7.- ¿Usted contrataría un plan de Internet que le ofrezca mayor velocidad de navegación y mejor calidad de servicio?

- a) Si ☐
- b) No ☐

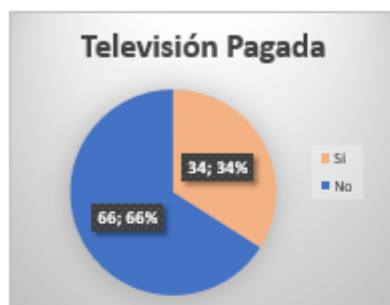
8.- ¿Le gustaría recibir servicios de datos y video por un mismo medio de comunicación al mismo costo?

- 1) Si ☐
- 2) No ☐

## ANEXO 9

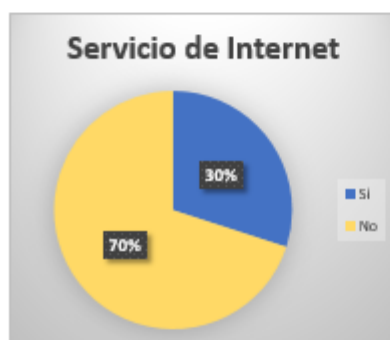
### ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA

#### 1.- ¿Qué servicios posee en su hogar actualmente?



Televisión Pagada	Resultado	%
Si	126	34
No	244	66
Total	370	100

En la figura se puede observar que el 66% de los usuarios dispone del servicio de televisión pagada en su hogar, siendo un servicio necesario para su diario vivir en la ciudad de Pujilí.



Internet	Resultado	%
Si	111	30
No	259	70
Total	370	100

Como se muestra en la figura el 66% de los habitantes no cuentan con el servicio de internet, un porcentaje elevado que revela la necesidad de este servicio en cada uno de los hogares.



Telefonía	Resultado	%
Si	222	60
No	148	40
Total	370	100

En la figura se puede observar que el 60 % de la población cuenta con el servicio de telefonía fija en su hogar, el 40% no lo posee debido a que en la ciudad no ofertan o no es considerado como necesario para su diario vivir.

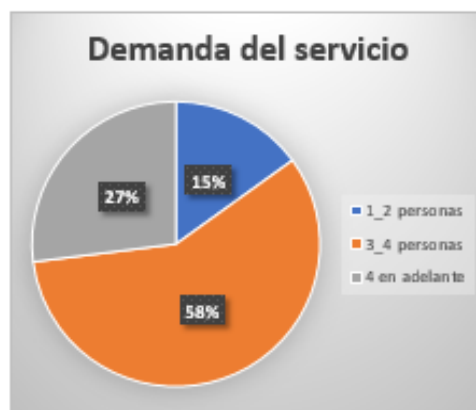
2.- ¿Considera usted que estos servicios son necesarios para la realización de sus actividades académicas, laborales y sociales?



Demanda del servicio	Resultado	%
Si	348	94
No	22	6
Total	370	100

Como se muestra en la figura el 94% de la población está de acuerdo que los servicios de datos, video y telefonía son muy importantes y necesarios para el desarrollo de sus actividades académicas, laborales y sociales, siendo un porcentaje alto que garantice la aceptación de la tecnología GPON en la ciudad de Pujilí.

3.- ¿Cuántos miembros de su familia utilizan Internet diariamente?



Miembros	Resultado	%
1-2	56	15
3-4	215	58
4 en adelante	99	27
Total	370	100

En la figura se observa la demanda del servicio ofertante, el 58% de la población aseguró que por cada familia aproximadamente entre 3 a 4 personas ocupan Internet diariamente por lo que se considera necesario la implementación de este servicio, con características esenciales como mayor velocidad y latencia baja que brinda la tecnología GPON.

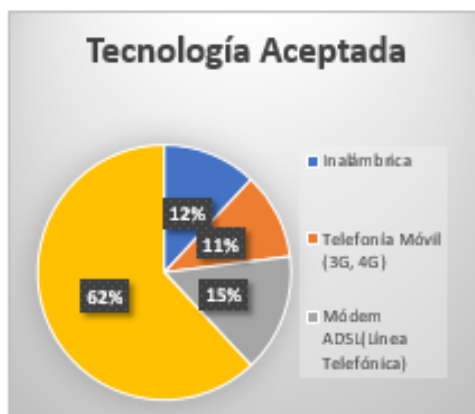
**4.- ¿Cómo evaluaría usted la prestación de servicios por parte de la empresa ATVCable?**



Calidad de Servicio	Resultado	%
Muy buena	55	15
Buena	215	58
Regular	78	21
Mala	22	6
Total	370	100

Como se muestra en la figura el 58% de la población que ya ha recibido el servicio por parte de la empresa ATVCable aseguró que la calidad del servicio que brinda esta empresa es Buena en comparación con otras empresas ofertantes del servicio, se estima que con la implementación de la tecnología GPON se alcance un grado de satisfacción de Muy buena para el desarrollo económico de la empresa.

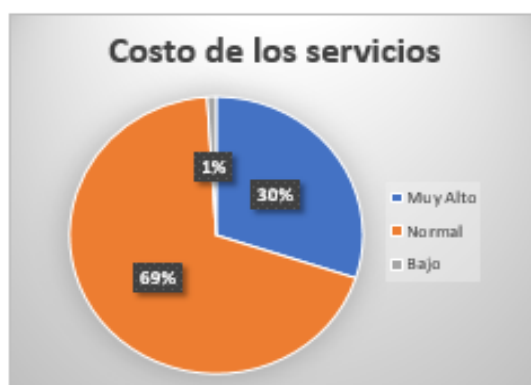
**5.- ¿Para la conexión a Internet que tipo de tecnología utilizaría?**



Tecnología Aceptada	Resultado	%
Inalámbrica	44	12
Telefonía Móvil	41	11
Módem ADSL	56	15
Fibra Óptica	229	62
Total	370	100

En la figura se observa que el 62% de la población considera necesario una red de fibra óptica, cabe resaltar que no es necesario disponer de una línea telefónica para la instalación de Internet en el hogar. Este tipo de tecnología es la más utilizada actualmente debido a que brinda una velocidad mayor en la transmisión de datos en comparación con otras tecnologías que con el tiempo se consideran obsoletas.

6.- ¿Considera usted que el costo a pagar por los servicios recibidos es?



Costo de los servicios	Resultado	%
Muy Alto	111	30
Normal	255	69
Bajo	4	1
Total	370	100

Como se puede observar en la figura el 69% de los usuarios que ya cuentan actualmente con el servicio brindado por parte de la empresa ATVCable calificaron de manera cualitativa los costos mensuales, asegurando que es Normal la tarifa que pagan por el servicio adquirido, es por eso que, al momento de solicitar el nuevo servicio su instalación no será un inconveniente ya que el costo a pagar ira acorde a la tarifa presupuestada.

7.- ¿Usted contrataría un plan de Internet que le ofrezca mayor velocidad de navegación y mejor calidad de servicio?



Velocidad del servicio	Resultado	%
Si	337	91
No	33	9
Total	370	100

En la figura se puede observar que el 91% de los usuarios requieren mejorar el servicio en cuanto a mayor velocidad y calidad de la información se refiere, el 9% equivale a un valor mínimo de la población que no requiere con mayor necesidad la conexión a Internet. Por consecuencia la mayoría de los habitantes están dispuestos a mejorar la calidad de la señal.



8.- ¿Le gustaría recibir servicios de datos y video por un mismo medio de comunicación al mismo costo?



Aceptación del servicio	Resultado	%
Si	348	94
No	22	6
Total	370	100

Como se puede apreciar en la figura el 94% de los usuarios aceptaron la implementación de la red de acceso y están dispuestos a contratar el servicio de internet y video que ofrece la tecnología GPON, la mayor parte de la población está dispuesta a cambiar de tecnología y por ende activar a los proveedores de la empresa ATVCable a ofertar el servicio en la ciudad de Pujilí.

## ANEXO 10

### CABLE DE FIBRA OPTICA G 652.D

Category	Description	Specifications
Optical Specifications	Attenuation @1310 nm	$\leq 0.34$ dB/km
	@1383 nm (after aged)	$\leq 0.32$ dB/km
	@1550 nm	$\leq 0.20$ dB/km
	@1625 nm	$\leq 0.23$ dB/km
	Attenuation Non-uniformity @1310 nm, 1550 nm	$\leq 0.05$ dB
	Point Discontinuity @1310 nm, 1550 nm	$\leq 0.05$ dB
	Attenuation vs. Wavelength @1260~1330 nm	$\leq 0.07$ dB/km
	@1288 nm~1330 nm	$\leq 0.05$ dB/km
	@1525~1575 nm	$\leq 0.02$ dB/km
	Zero Dispersion Wavelength	1300~1324 nm
	Zero Dispersion Slope	$\leq 0.093$ ps/nm <sup>2</sup> ·km
	Dispersion @1288~1339 nm	$\leq 3.5$ ps/nm·km
	@1271~1360 nm	$\leq 5.3$ ps/nm·km
	@1550 nm	$\leq 18$ ps/nm·km
	Polarization Mode Dispersion (PMD)	$\leq 0.2$ ps/√km
	PMD Link Design value	$\leq 0.08$ ps/√km
	Cable Cutoff Wavelength ( $\lambda_{cc}$ )	$\leq 1260$ nm
Dimensional Specifications	Micro-bending Loss (100 turns; $\Phi 50$ mm) @1550 nm	$\leq 0.05$ dB
	(100 turns; $\Phi 50$ mm) @1625 nm	$\leq 0.10$ dB
	Mode Field Diameter @1310 nm	$9.2 \pm 0.4$ $\mu$ m
	@1550 nm	$10.4 \pm 0.8$ $\mu$ m
	Effective Group Index of Refraction @1310 nm	1.466
	@1550 nm	1.467
Mechanical Specifications	Fiber Curl Radius	$\geq 4.0$ m
	Cladding Diameter	$125 \pm 0.7$ $\mu$ m
	Core / Clad Concentricity	$\leq 0.5$ $\mu$ m
Environmental Specifications	Cladding Non-Circularity	$\leq 1.0\%$
	Coating Diameter	$245 \pm 5$ $\mu$ m
	Coating / Cladding Concentricity	$\leq 6$ $\mu$ m
	Coating Non-Circularity	$\leq 6.0\%$
	Proof Test	$\geq 1.0\%$ (0.69MPa)
	Fatigue Resistance Parameter ( $N_f$ )	$\geq 20$
	Peak Coating Strip Force	1.3~8.9 N
	Temperature Cycling Induced Attenuation @1310nm, 1550 nm, 1625 nm (-60°C to +85°C)	$\leq 0.05$ dB/km
	Damp Heat Aging Induced Attenuation @1310nm, 1550 nm, 1625 nm (+85±2°C, 85%RH, for 30 days)	$\leq 0.05$ dB/km
	Heat Aging Induced Attenuation @1310nm, 1550 nm, 1625 nm (85±2°C, for 30 days)	$\leq 0.05$ dB/km
	Water Immersion Induced Attenuation @1310nm, 1550 nm, 1625 nm (23±2°C, for 30 days)	$\leq 0.05$ dB/km

## ANEXO 11

### PÉRIDAS SPLITTER – PRESUPUESTO ÓPTICO

Rev. B 8/2009

#### PLANAR LIGHTWAVE CIRCUIT SPLITTERS

##### Features

- Very low insertion loss
- Broad operation
- Low PDL
- Excellent Uniformity
- Compact Package

Today's high-port-count applications for broadband system applications demand the best performance and the highest reliability under the most adverse of environments. Planar Lightwave Circuit Splitters deliver on all these requirements. FO4SALE provides a variety of PLC's pre-terminated with SC/UPC, SC/APC or the connector of choice.



#### SPECIFICATIONS

Parameter	1 x 4	1 x 8	1 x 16	1 x 32
Operation Wavelength	1260 - 1600	1260 - 1600	1260 - 1600	1260 - 1600
Insertion Loss dB (Max)	<7.3	<10.7	<13.7	<17.0
Insertion Loss dB (Uniformity)	<0.8	<1.0	<1.0	<1.3
PLD dB	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2
Return Loss dB	>55	>55	>55	>55
Directivity dB	>55	>55	>55	>55
Operating Temperature	-40 - 85°C	-40 - 85°C	-40 - 85°C	-40 - 85°C
Storage Temperature	-40 - 85°C	-40 - 85°C	-40 - 85°C	-40 - 85°C
Package Dimension LxWxH (mm)	40 x 4 x 4	40 x 4 x 4	52 x 7 x 4	52 x 7 x 4

## ANEXO 12

### COMPARACION DE MARCAS DE EQUIPOS ACTIVOS

- OLT**

ESPECIFICACIONES	OLT ZX10	OLT DATA	OLT SUNTELECOM
Características Generales	<b>Modelo:</b> ZTE C320	<b>Modelo:</b> Chasis FD1508GS	<b>Modelo:</b> SUN-XPL-NG-GP08
	<b>Puertos Uplink:</b> 10 GE (configurable) 1 GE optical port 10/100/1000M Electrical Ethernet port	<b>Puertos Uplink:</b> 8 Puertos 10/100/1000M Auto-negociable 8 slots SFP 10GE1000BASE-TX interface 2 SFP 10GE card	<b>Puertos Uplink:</b> 8Puertos GE FX 8 Puertos GE TX, 2 Puertos 10GE SFP+
	<b>Puertos PON</b> 32 Puertos PON ITU-TG.984.X Class B+, C+	<b>Puertos PON</b> 8 Puertos PON ITU-TG.984.2Class B+	<b>Puertos PON</b> 8 Puertos PON
	<b>Tasa Máxima de Splitteo</b> 1:128	<b>Tasa Máxima de Splitteo</b> 1:128	<b>Tasa Máxima de Splitteo</b> 1:128
	<b>Altura:</b> IU	<b>Altura:</b> IU	<b>Altura:</b> IU
	<b>Dimensiones:</b> 482.6mm X 270 mm X 86.1mm (Longitud, Alto, Profundidad)	<b>Dimensiones:</b> 440mm X 391 mm X 44mm (Longitud, Alto, Profundidad)	<b>Dimensiones:</b> 440mm X 44 mm X 380mm (Longitud, Alto, Profundidad)
	<b>Peso:</b> 4Kg	<b>Peso:</b> 4Kg	<b>Peso:</b> ≤ 3 Kg

	<b>Temperatura Ambiente</b> (°C): 0 ~55	<b>Temperatura Ambiente</b> (°C): 0 ~55	<b>Temperatura Ambiente</b> (°C): -15 ~55
	<b>Temperatura de Almacenamiento</b> (°C): -40 ~65	<b>Temperatura de Almacenamiento</b> (°C): -40 ~85	<b>Temperatura de Almacenamiento</b> (°C): -40 ~70
	<b>Humedad Relativa:</b> 5%~ 95%, sin condensación	<b>Humedad Relativa:</b> 5%~ 90%, sin condensación	<b>Humedad Relativa:</b> 10%~ 90%, sin condensación
	<b>Compatibilidad:</b> Soporta ONT'S se diferentes fabricantes	<b>Compatibilidad:</b> No Soporta ONT'S se diferentes fabricantes	<b>Compatibilidad:</b> Soporta ONT'S se diferentes fabricantes
Características Eléctricas	<b>Fuente de Alimentación</b> AC: Entrada 100V~ 240V DC: -48V~ -60V +/-20%	<b>Fuente de Alimentación</b> AC: Entrada 90V~ 240V, 47/63 Hz DC: -36V~ -72V	<b>Fuente de Alimentación</b> AC: Entrada 100V~ 240V, 47~63 Hz DC: -36V~ -75V
Características Funcionales	<b>Estándar:</b> ITU-T G.984.x <b>Capacidad de Transmisión</b> Ventanas de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm <b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.488 Gbps y en Upstream de 1.244Gbps	<b>Estándar:</b> ITU-T G.984.2 <b>Capacidad de Transmisión</b> Ventanas de 1310 nm y 1490 nm <b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.4 Gbps y en Upstream de 1.2 Gbps	<b>Estándar:</b> ITU-T G.984.2 <b>Capacidad de Transmisión</b> Ventanas de 1310 nm y 1490 nm <b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.4 Gbps y en Upstream de 1.2 Gbps

	<b>Bandas:</b> 1490 nm transmisor modo continuo 1310 nm receptor modo ráfaga		
Protocolos y Aplicaciones Soportadas	SNMPv1/v2/v3, CLI Telnet MIBII	SNMP, Telnet CLI IGMP	SNMPv1/v2/v3, STP, RSTP, MSTP, Telnet, CLI IGMP V1/V2/V3 NTP

• **ONT**

ESPECIFICACIONES	ONT TENDA	ONT CDATA	ONT SUNTELECOM
Características Generales	<b>Modelo:</b> Qualfiber/OEM <b>Puertos PON:</b> 1 PON los puertos (2,5G) 1 puerto de 10/100/1000 M 1 WLAN puerto 1 CATV puerto <b>Distancia para transmisión Ethernet</b> 100m  <b>Dimensiones:</b> 127.4mm(Longitud)x90.5mm(Profundidad)x26mm(Alto) <b>Peso:</b> 0,2 Kg <b>Temperatura Operación (°C):</b> -0~40°C	<b>Modelo:</b> FD512H <b>Puertos PON:</b> 1 Puerto PON ITU-TG.984.2 Class B+ RJ45, Auto-MDI/MDI-X  <b>Distancia para transmisión Ethernet</b> 100m  <b>Dimensiones:</b> 160mm(Longitud)x120mm(Profundidad)x32mm(Alto) <b>Peso:</b> 0,2 Kg <b>Temperatura Operación (°C):</b> -10~45°C	<b>Modelo:</b> SUN-XPT-NG-G04P2 <b>Puertos PON:</b> 1 Puerto PON ITU-TG.984.2 Class B+ <ul style="list-style-type: none"> <li>4x10/100/1000B ASE-TX</li> <li>2XVOIP</li> </ul> <b>Dimensiones:</b> 150mm(Longitud)x110mm(Profundidad)x30mm(Alto) <b>Peso:</b> ≤ 3 Kg <b>Temperatura Operación (°C):</b> -10~40°C De diferentes fabricantes
Características Eléctricas	<b>Fuente de Alimentación:</b> 12V 0.5A AC/DC	<b>Fuente de Alimentación:</b> 12V 0.5A AC/DC	<b>Fuente de Alimentación:</b> 12V 0.5A AC/DC

Características Funcionales	<b>Estándar:</b> ITU.T G.984.2	<b>Estándar:</b> ITU.T G.984.2	<b>Estándar:</b> ITU.T G.984.2
	<b>IEEE</b> 802.11/b/g/n	<b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.4 Gbps y en Upstream de 1.2 Gbps	<b>Capacidad de Transmisión</b> Ventanas de 1310 nm y 1490 nm
	<b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.4 Gbps y en Upstream de 1.2 Gbps		<b>Velocidades de Transmisión</b> Downstream de 2.4 Gbps y en Upstream de 1.2 Gbps
	<b>Banda:</b> Servicio de CATV 1550 nm.		<b>Administración</b> Telnet SNMP WEB
	<b>Longitud de onda salida:</b> 1310/1490 nm		
	<b>Protocolo:</b> PPPoE StaticIP PPTP DHCP QoS		

- **EDFA**

ESPECIFICACIONES	EDFA ALDEASHOP	EDFA WSEE	EDFA MULTICOM
Características Generales	<b>Modelo:</b> 1550	<b>Modelo:</b> WS-50EYAXx	<b>Modelo:</b> PowerHEX MUL-1550
	<b>Puertos Uplink:</b> 32	<b>Puertos Uplink:</b> 32	<b>Puertos Uplink:</b> 32
	<b>Potencia puerto:</b> 6 a 23 dBm	<b>Potencia puerto:</b> Rango de potencia óptica -5~+10 dBm	<b>Potencia puerto:</b> 13 a 24 dBm
	<b>Ruido:</b> 4.5 a 5 dB	<b>Ruido:</b> Rango de potencia óptica de salida	<b>Ruido:</b> 4.5 a 5.5 dB
	<b>Dimensiones:</b> 482mm(Longitud)x387mm(Pr	<b>Dimensiones:</b> 30~37	<b>Dimensiones:</b> 190mm(Longitud)x142.
		Estabilidad de potencia óptica	5mm(Profundidad)x175 mm(Alto)

	ofundidad)x13 0mm(Alto) <b>Temperatura Operación (°C):</b> -5 ~ +42 ° C <b>Humedad Relativa:</b> 5 a 95%	+/- 0.1 dBm <b>Ruido:</b> 4.5 a 5 dB <b>Dimensiones:</b> 450mm(Longitud)x48 2mm(Profundidad)x89 mm(Alto) <b>Temperatura Operación (°C):</b> 0 ~ 65 ° C  <b>Humedad Relativa:</b> 5 a 95% sin condensación.	<b>Temperatura Operación (°C):</b> -5 ~ 50 ° C <b>Humedad Relativa:</b> 5 a 95%
Características Eléctricas	<b>Fuente de Alimentación:</b> 90V ~ 265V CA o 48V CC	<b>Fuente de Alimentación:</b> 160V ~ 265V CA o 38V ~58V CC	<b>Fuente de Alimentación:</b> 90V ~ 265V CA o -48V CC
Características Funcionales	<b>Banda:</b> Servicios de video 1530 ~ 1565 nm Servicios de datos 1330/1490 nm <b>Conectores:</b> IN: SC/APC(CATV) SC/PC (GPON) OUT: SC/APC	<b>Banda:</b> Servicios de video 1535 ~ 1565 nm Servicios de datos 1330/1490 nm <b>Conectores:</b> IN: SC/APC(CATV) SC/PC (GPON) LC/APC; LC/PC OUT: SC/APC	<b>Banda:</b> Servicios de video 1540 ~ 1560 nm Servicios de datos 1330/1490 nm <b>Conectores:</b> IN: SC/APC(CATV) SC/PC (GPON) OUT: SC/APC

- **ODF**

ESPECIFICACIONES	ODF CANOVATE	ODF S03	EDFA NEXTLINK
Características Generales	<b>Modelo:</b> FPP – 200 <b>Puertos Uplink:</b> 48 <b>Compatibilidad:</b>	<b>Modelo:</b> S03SCA24 <b>Puertos Uplink:</b> 48 <b>Compatibilidad:</b> SC/APC	<b>Modelo:</b> GCF-48APC-UPC <b>Puertos Uplink:</b> 48 <b>Compatibilidad:</b> SC/APC



	<p>Con todo tipo de conectores ST, SC, FC, LC, MTRJ, E2000, ETC</p> <p><b>Dimensiones:</b> 465mm(Longitud)x238mm(Profundidad)x88,15mm(Alto)</p> <p><b>Peso:</b> 6Kg</p> <p><b>Altura:</b> 2U</p> <p><b>Aplicación:</b> Centro de datos, FTTx, proyectos LAN y WAN 100% Compatible con GR-326</p>	<p><b>Dimensiones:</b> 483mm(Longitud)x200mm(Profundidad)x44mm(Alto)</p> <p><b>Peso:</b> 2.6Kg</p> <p><b>Altura:</b> 1U</p> <p><b>Aplicación:</b> Centro de datos, FTTx, proyectos LAN, MAN y WAN.</p>	<p><b>Dimensiones:</b> 475mm(Longitud)x190mm(Profundidad)x54mm(Alto)</p> <p><b>Peso:</b> 2.8Kg</p> <p><b>Altura:</b> 1U</p> <p><b>Aplicación:</b> Centro de datos, FTTx, proyectos LAN y WAN.</p>
--	--	--	---

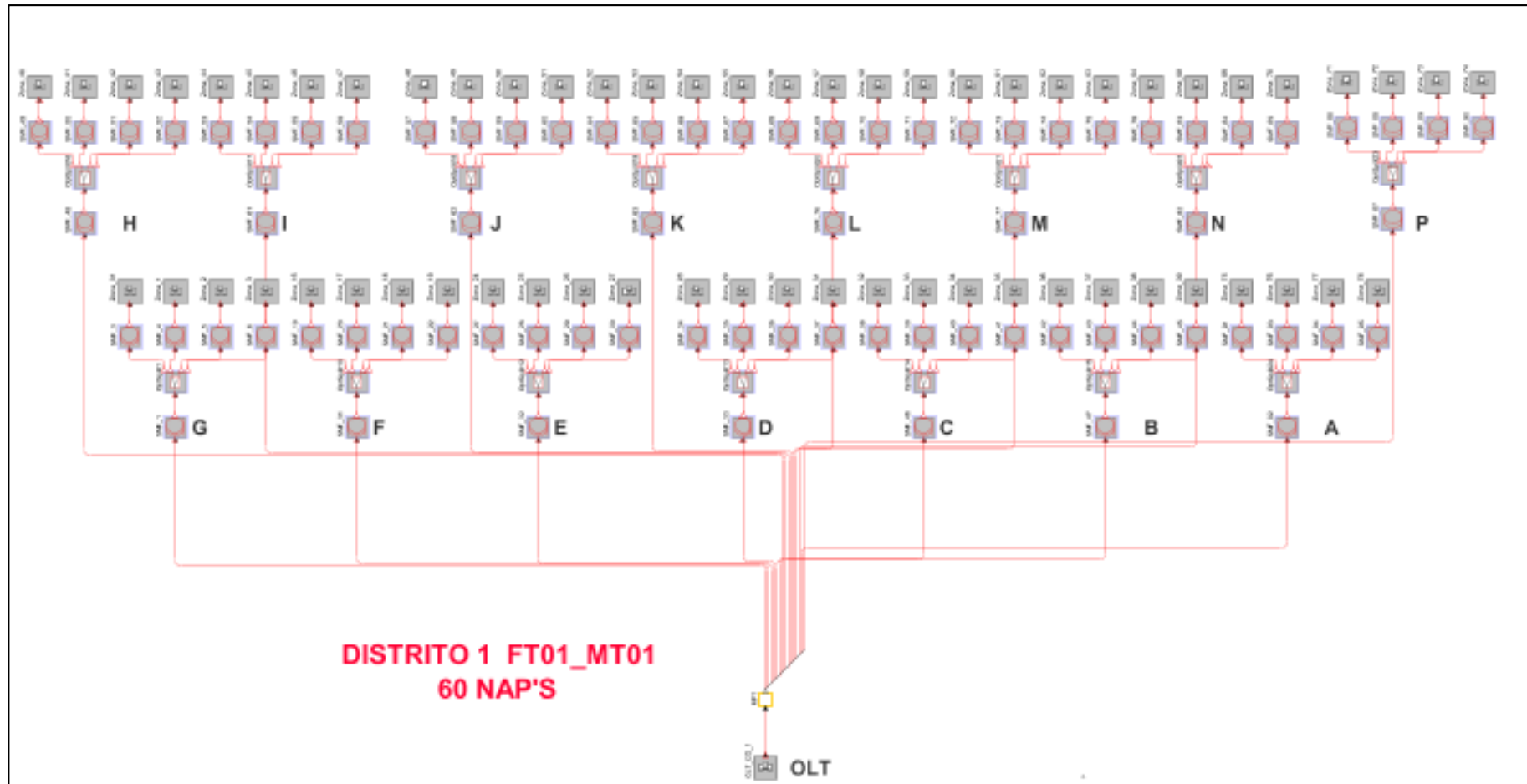
## ANEXO 13

### FLUJO DE FONDOS “ATVcable Ltga”

FLUJO DE FONDOS "ATV CABLE Ltga."							
CONCEPTO	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6
(+)Ingresos		789.096,00	957.336,00	1.135.654,87	1.269.794,61	1.435.690,36	1.596.299,00
(-)Costos de Operación	71.810,00	114.792,00	119.424,00	128.256,00	136.692,00	145.740,00	107.052,00
(-)Depreciación		108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33
(-)Amortización de Activos Diferidos		131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90
(-)Pago de Interés por el crédito recibido		8.849,46	7.416,98	5.967,80	4.501,71	3.018,51	1.518,01
Utilidad antes de participación e impuestos		425.718,31	590.758,78	761.694,83	888.864,67	1.047.195,61	1.247.992,75
(-)Participación a trabajadores (15% de la utilidad)		63.857,75	88.613,82	114.254,22	133.329,70	157.079,34	187.198,91
Utilidad antes de Impuestos		361.860,56	502.144,96	647.440,61	755.534,97	890.116,27	1.060.793,84
(-)Impuesto a la Circulación de Capitales (0,8%)		6.312,77	7.658,69	9.085,24	10.158,36	11.485,52	12.770,39
Utilidad antes del Impuesto a la Renta		355.547,79	494.486,28	638.355,37	745.376,61	878.630,75	1.048.023,45
(-)Impuesto a la Renta (25%)		88.886,95	123.621,57	159.588,84	186.344,15	219.657,69	262.005,86
Utilidad Neta		266.660,85	370.864,71	478.766,53	559.032,46	658.973,06	786.017,59
(+)Utilidad en Venta de Activos							82.700,00
(-)Impuesto a la Utilidad en Venta de Libros (10%)							8.270,00
(+)Valor en libros de los Activos Vendidos							190.036,67
(+)Depreciación		108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33	108.103,33
(+)Amortización de activos Diferidos		131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90	131.632,90
(-)Costo de Inversión	981.021,35	252.000,00	319.654,73	432.957,98	493.230,31	526.675,63	569.827,76
(-)Capital de Trabajo	294.306,41						
(+)Crédito recibido	758.524,95						
(-)Pago de Capital		122.783,44	124.215,92	125.665,10	127.131,20	128.614,39	130.114,89
FLUJO DE FONDOS "ATV CABLE Ltga."	-588.612,81	131.613,64	166.730,30	159.879,68	178.407,19	243.419,27	325.811,17

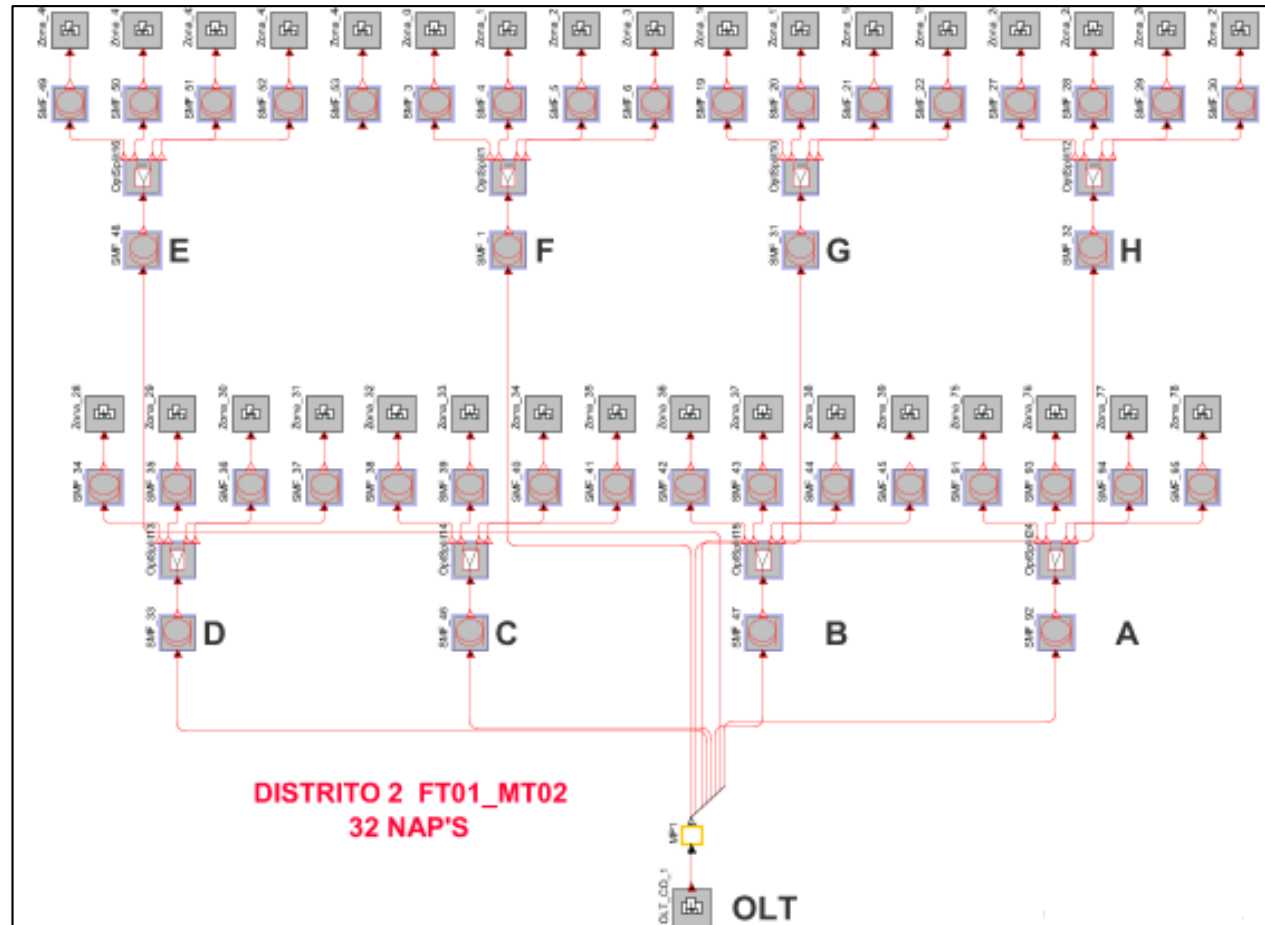
## ANEXO 14

### CONSTRUCCIÓN DE LA RED COMPLETA – DISTRITO 1



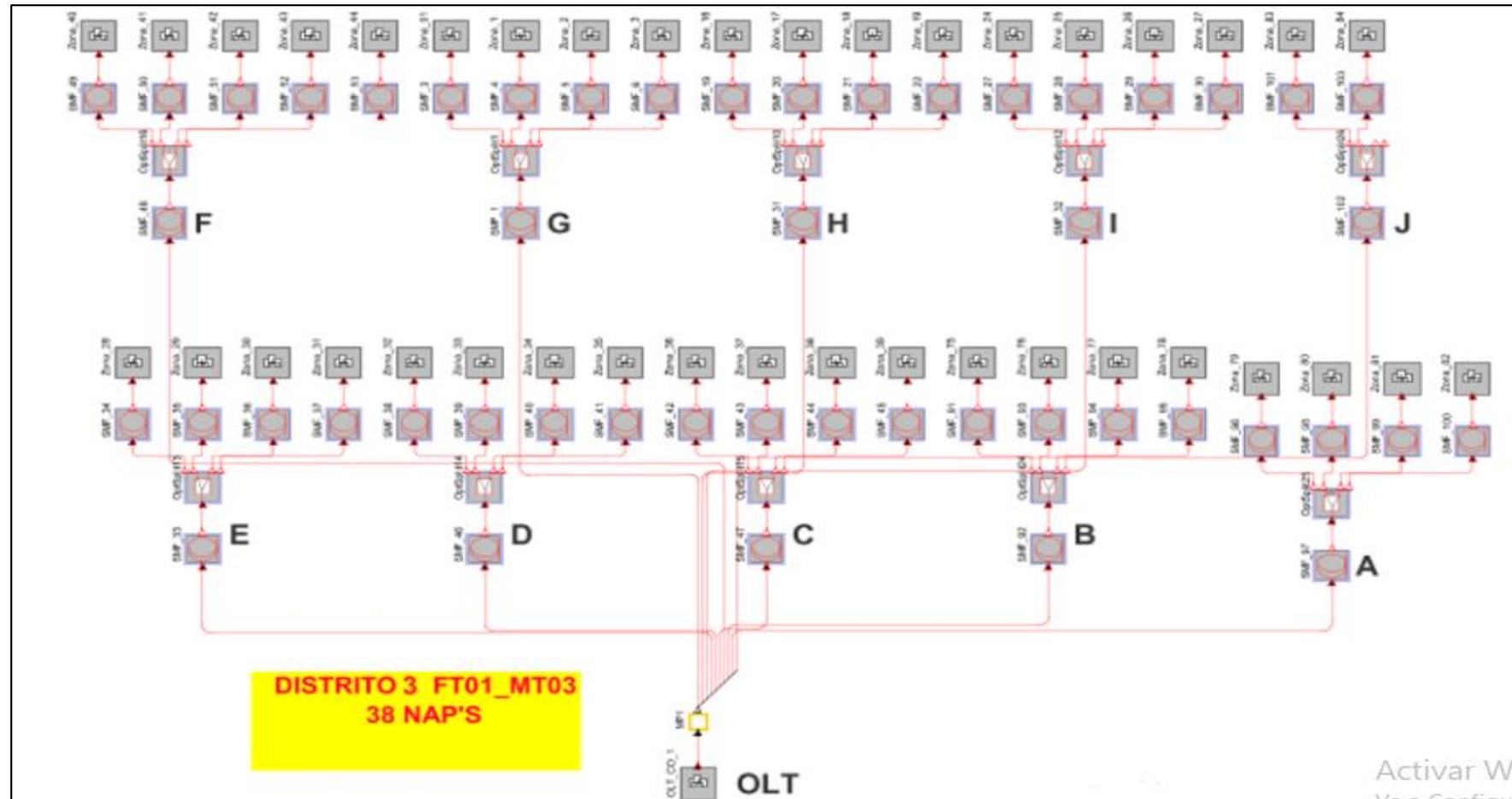
## ANEXO 15

## CONSTRUCCIÓN DE LA RED COMPLETA – DISTRITO 2



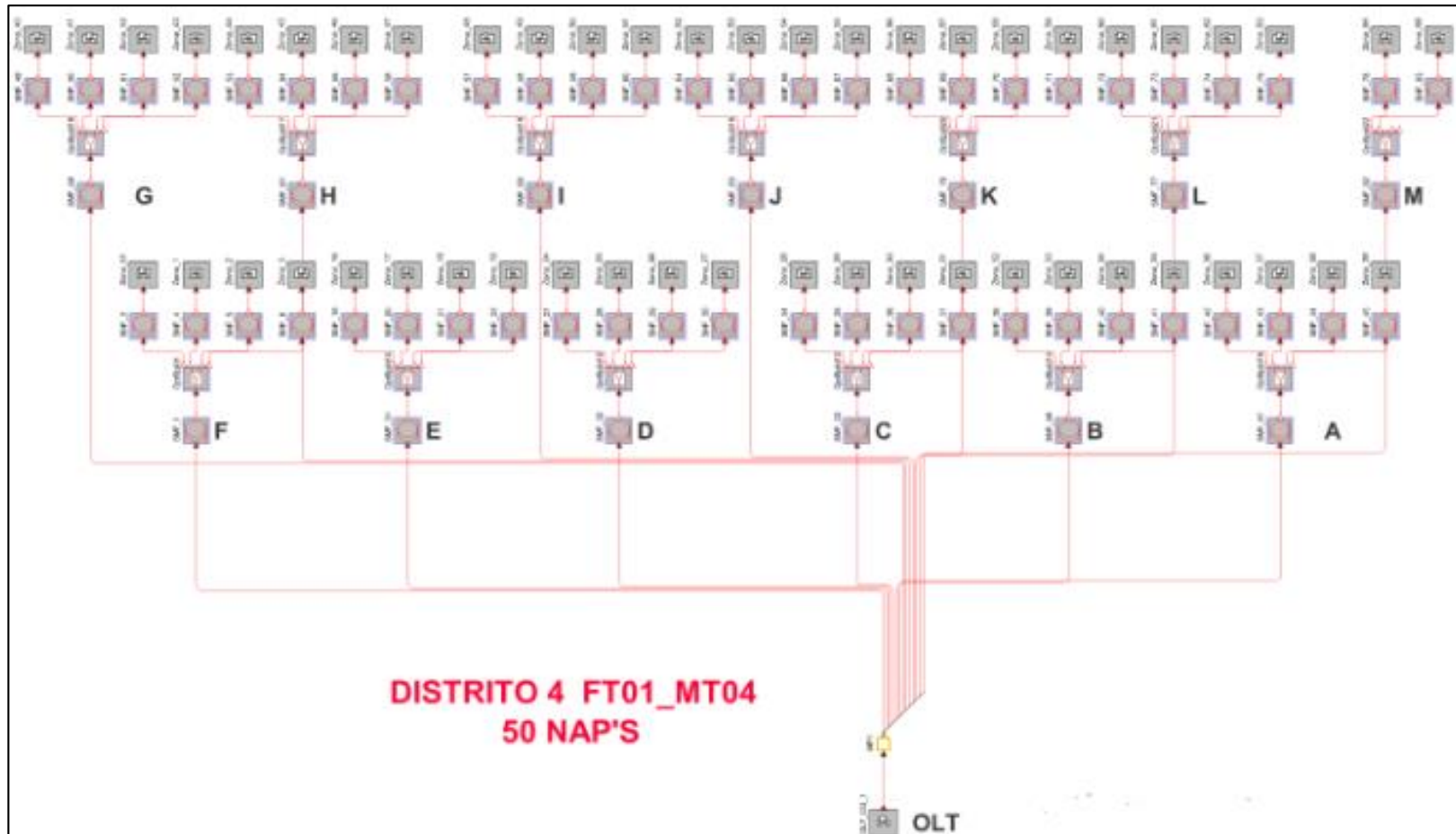
## ANEXO 16

### CONSTRUCCIÓN DE LA RED COMPLETA – DISTRITO 3



## ANEXO 17

### CONSTRUCCIÓN DE LA RED COMPLETA – DISTRITO 4



## ANEXO 18

### CÁLCULO DE POTENCIA ÓPTIMA

DATOS - OLT	TELEVISIÓN - EDFA
<p><b>P = Ptx – Pérdida primer nivel de splitteo – pérdida segundo nivel</b></p> <p><b>P = +5dBm - 10,5 – 10,5dB</b></p> <p><b>P = -16dBm</b></p> <p>Se estima un rango de -16dBm a -20dBm como potencia óptica para la transmisión de datos.</p>	<p><b>P = Ptx – Pérdida primer nivel de splitteo – pérdida segundo nivel</b></p> <p><b>P = +20dBm - 10,5 – 10,5dB</b></p> <p><b>P = -1dBm</b></p> <p>Se estima un rango de -3dBm a +1dBm como potencia óptica para la transmisión de catv.</p>